



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Eficiencia del biocarbón a partir del purín de porcino por pirólisis

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**AUTORES:**

Alvarez Ticllasuca, Joaquin (Orcid: 0000-0001-9662-3891)

Gonzales Paucar, Zaida (Orcid: 0000-0002-3291-9543)

**ASESOR:**

Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio (Orcid: 0000-0002-3419-7361)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2021

### **DEDICATORIA**

A Dios principalmente, por guiarme siempre cuando necesite y darme su fortaleza espiritual.

A mis padres Alejandro Alvarez Huamani y Juana Virginia Ticllasuca Mulato quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre. A mis hermanos por su cariño y apoyo incondicional y moral, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento.

**Alvarez Ticllasuca Joaquin**

### **DEDICATORIA**

A Dios en primer lugar, por guiarme y darme fuerzas de continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres Raul Gonzales Huaman y Esperanza Paucar Huaman por su apoyo incondicional, amor, confianza y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí, por demostrarme que con dedicación y perseverancia se pueden cumplir nuestros sueños. A mis hermanos por estar presentes cuando más los necesite y por brindarme su apoyo moral.

**Gonzales Paucar Zaida**

### **AGRADECIMIENTO**

A Dios por todas sus bendiciones y a todas nuestras familias por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

También queremos agradecer a la Universidad Cesar Vallejo por organizar el programa de titulación a bachilleres de otra universidad no licenciada y por permitirnos crecer como profesionales.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Dr. Juan Julio Ordoñez Galvez, principal colaborador durante todo este proceso, quien, con su dirección, conocimiento, enseñanza permitió el desarrollo de este trabajo.



## Índice de Contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iv
Índice de Contenidos	v
Índice de tablas	vii
Índice de gráficos y figuras	viii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	11
II. MARCO TEÓRICO	14
III. METODOLOGÍA	28
3.1. Tipo y diseño de la investigación	28
3.2. Variables y Operacionalización	29
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	30
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	30
3.5. Procedimiento	31
3.6. Método de análisis de datos	44
3.7. Aspectos éticos	44
IV. RESULTADOS	45
V. DISCUSIÓN	65
VI. CONCLUSIONES	70
VII. RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS	73
ANEXOS	79
Anexo N° 1. Declaración de originalidad de autores	79
Anexo N° 2. Declaración de Autenticidad del Asesor	80
Anexo N° 3. Matriz de operacionalización de variables	81
Anexo N° 4. Instrumentos de recolección de datos	83

Anexo N° 5. Validación de instrumentos	88
Anexo N° 6. Certificado de análisis	112
Anexo N°7.Captura de pantalla de Turnitín	117

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Variables de investigación	29
<b>Tabla 2.</b> Fichas de recolección de datos	30
<b>Tabla 3</b> Características del purín de cerdo.	45
<b>Tabla 4</b> Masas del biochar y materia prima – replica I	46
<b>Tabla 5</b> Rendimiento del biocarbón - replica I.	46
<b>Tabla 6</b> Masas del biochar y materia prima – replica II	47
<b>Tabla 7</b> Rendimiento del biocarbón - replica II.	48
<b>Tabla 8</b> Masas del biochar y materia prima – replica III	49
<b>Tabla 9</b> Rendimiento del biocarbón - replica III.	49
<b>Tabla 10</b> Porcentaje de carbono - replica I	52
<b>Tabla 11</b> Porcentaje de carbono - replica II	53
<b>Tabla 12</b> Porcentaje de carbono - replica III	53
<b>Tabla 13</b> Características iniciales del suelo	54
<b>Tabla 14</b> Tratamiento Intermedio de la eficiencia del biocarbón	55
<b>Tabla 15</b> Mejor tratamiento de la eficiencia del biocarbón.	55
<b>Tabla 16</b> Eficiencia del biocarbón aplicado al suelo degradado.	56
<b>Tabla 17</b> Análisis de varianza para el rendimiento del biocarbón	57
<b>Tabla 18</b> Análisis de varianza para el carbono del biocarbón	58
<b>Tabla 19</b> Mejor temperatura	61
<b>Tabla 20</b> Mejor tiempo	62

## **Índice de gráficos y figuras**

<b>Figura 1.</b> Diagrama del procedimiento del proyecto de investigación.	31
<b>Figura 2.</b> Ubicación del criadero de Porcinos.	32
<b>Figura 3.</b> Coordenadas de ubicación	32
<b>Figura 4.</b> Criadero de cerdos.	33
<b>Figura 5.</b> Equipo de protección personal.	34
<b>Figura 6.</b> Raspado de la superficie con el rastrillo.	34
<b>Figura 7.</b> Uso de la pala.	35
<b>Figura 8.</b> Llenado del purín de cerdo.	36
<b>Figura 9.</b> Traslado de la muestra al laboratorio.	36
<b>Figura 10.</b> Medición de la temperatura.	37
<b>Figura 11.</b> Muestra con agua destilada.	37
<b>Figura 12.</b> Mezclado y medida del pH.	38
<b>Figura 13.</b> Mezclado y medida del pH.	38
<b>Figura 14.</b> Muestras colocadas en el horno-mufla.	39
<b>Figura 15.</b> Secado del purín de porcino.	39
<b>Figura 16.</b> Triturado y tamizado del purín a 4 mm.	40
<b>Figura 17.</b> Manejo del tiempo y temperatura de pirolisis.	41
<b>Figura 18.</b> Crisol de porcelana de 10 g de purín en la mufla.	41
<b>Figura 19.</b> Interacción de variables tiempo y temperatura de pirólisis.	42
<b>Figura 20.</b> Rendimiento en la réplica I.	47
<b>Figura 21.</b> Rendimiento en la réplica II.	49
<b>Figura 22.</b> Rendimiento en la réplica III.	50
<b>Figura 23.</b> Media de los rendimientos de las 3 réplicas.	51
<b>Figura 24.</b> Grafica de series.	52
<b>Figura 25.</b> Media del porcentaje de carbono de las 3 réplicas.	54
<b>Figura 26.</b> Probabilidad del rendimiento del biocarbón.	58
<b>Figura 27.</b> Probabilidad del porcentaje de carbono en el biocarbón.	59
<b>Figura 28.</b> Diagrama de Pareto del rendimiento del biocarbón.	60
<b>Figura 29.</b> Comparación de las diferentes temperaturas.	62
<b>Figura 30.</b> Comparación de los diferentes tiempos.	63
<b>Figura 31.</b> Diagrama de Pareto del porcentaje de carbono.	64

## **RESUMEN**

El biocarbón es un subproducto rico en carbono (C), que ha estado ganando cada vez más atención debido a su potencial para mitigar el cambio climático global. En esta investigación, se trabajó en función a las temperaturas de 300 °C, 400 °C y 500 °C y tiempos de pirólisis de 1 hora, 2 horas y 3 horas para la obtención de biocarbón a partir de purín de porcino. Donde el mayor rendimiento del biocarbón fue de 62.5 % a 300 °C - 1 h y el mínimo rendimiento fue de 42.5 % a 500°C – 3 h., de igual manera para el porcentaje de carbón, donde el mayor porcentaje de carbono fue de 72.15 % a 500 °C – 3 h y el mínimo porcentaje de carbono fue de 41.46 % a 300 °C – 1 h. La eficiencia del biocarbón se observó en la mejora del suelo la cual tuvo una característica inicial de pH 7.12, materia orgánica de 13.5 %, fósforo de 8.57 ppm, potasio de 168 ppm y nitrógeno de 0.47 %, al aplicar el biocarbón del mejor rendimiento y porcentaje de carbono se tuvo una eficiencia de eficiencia de un 82.88 % de eficiencia para la materia orgánica, 63.63 % para P, 90 % para N, 2.75 % para pH y 7.95 % para K.

Palabras clave: biocarbón, carbono, rendimiento, purín, porcino.

## **ABSTRACT**

Biochar is a carbon (C) rich by-product, which has been gaining increasing attention due to its potential to mitigate global climate change. In this research, we worked based on temperatures of 300 ° C, 400 ° C and 500 ° C and pyrolysis times of 1 hour, 2 hours and 3 hours to obtain biochar from pig slurry. Where the highest yield of biochar was 62.5% at 300 ° C - 1 h and the minimum yield was 42.5% at 500 ° C - 3 h., In the same way for the percentage of carbon, where the highest percentage of carbon was 72.15% at 500 ° C - 3 h and the minimum carbon percentage was 41.46% at 300 ° C - 1 h. The efficiency of the biochar was observed in the improvement of the soil which had an initial characteristic of pH 7.12, organic matter of 13.5%, phosphorus of 8.57 ppm, potassium of 168 ppm and nitrogen of 0.47%, when applying the biochar with the best yield and carbon percentage there was an 82.88% efficiency for organic matter, 63.63% for P, 90% for N, 2.75% for pH and 7.95% for K.

Keywords: biochar, carbon, yield, slurry, pig.

## I. INTRODUCCIÓN

En Chile las industrias generan un mal tratamiento y uso de los purines de porcino, ya que estos muestran características de que son contaminantes, dañando al ser humano y medio ambiente, debido al mal tratamiento y manejo, no hay un tratamiento completamente dicha que valga como referencia para tratar estos residuos, los elementos principales que definen los purines son molibdeno (Mo), cobre (Cu), nitrógeno (N), calcio (Ca), boro (B), fósforo (P), sodio (Na), magnesio (Mg), materia orgánica (MO), flúor (F), potasio (K), cobalto (Co), entre otros, estos traen daños ambientales y aportan al cambio climático, debido a los riesgos que se corren debido a la eutrofización, olores malos, contaminación de patógenos y la abundancia de insectos (Varnero, Muñoz y Zúñiga, 2009).

La región Lima tiene la crianza masiva de puercos en confinamiento y de clase familiar ha venido experimentando un incremento sostenido durante los últimos años ayudando de manera significativa al progreso del país, con una producción de 2,3 millones. Lima tiene una producción de cerdos de 650 000 que viene hacer el 42 % de la crianza nacional, el crecimiento poblacional de cerdos ha llevado al incremento del volumen de purín producido; por eso las empresas porcinas causan daños al medio ambiente afectando el medio hídrico, suelo y atmosférico, así mismo Lima es una ciudad con mayores tasas de contaminación ambiental de Latinoamérica, el principal medio afectado es el agua y aire que tiene, como principal ,el estiércol porcino los cuales emiten gases contaminantes que producen olores muy desagradables que generan alteraciones fisiológicas (Moreno Ayala, 2017).

Junín es una zona vulnerable a nivel nacional, la contaminación y calentamiento global en Junín están generando cambios de temperatura, alteraciones en las precipitaciones y cambios de eventos extremos (inundaciones, fuertes lluvias, sequías y heladas) que establecen su desarrollo, existen evidencias de que las alteraciones en el clima y su variabilidad natural provocan impactos en los ecosistemas de la región (Porter, 2010).

Existen tres estrategias para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> para atenuar el cambio ambiental: (i) reducir el uso de energía global, (ii) desarrollar combustible bajo en carbono o sin carbono y (iii) secuestrar CO<sub>2</sub> de fuentes puntuales o atmósfera a través de la producción de biocarbón, los cuales minimizan su efecto contaminante, la utilización del purín de cerdo, que al ser utilizados como biocarbón mejoran las propiedades biológicas, físicas del suelo y químicas del suelo lo que beneficia el crecimiento y desarrollo de los productos agrícolas, mejorando la producción de forraje y su valor nutricional, siendo más rentables y sanos que los fertilizantes químicos (Lal, 2008).

El tiempo y la temperatura de pirólisis al igual que la materia prima definen las propiedades del biocarbón, de esas propiedades depende la calidad y composición química del biocarbón, por lo tanto, para conseguir biocarbones con mayor porcentaje de carbono total y más efectivos en el secuestro de carbono en la tierra se basan en la optimización de la tecnología de pirólisis, la materia prima y los factores que son considerados para la obtención del biocarbón (Moreno Barriga, Díaz Vicente y Acosta Méndez, 2015).

Para el desarrollo de la siguiente investigación, se plantea el siguiente **problema general**: ¿Cuál es la eficiencia del biocarbón obtenido a partir del purín de porcino por pirólisis? También se plantean las siguientes **interrogantes específicas**: ¿Cuál es la característica del purín de porcino para la obtención del biocarbón por pirólisis?, ¿Cuál es la temperatura y tiempo adecuado para la obtención del biocarbón a partir de purín de porcino? y ¿Cuál es el porcentaje de carbono obtenido a partir de purín de porcino por pirólisis?

Teniendo así, que la justificación de esta investigación es porque tiende a dar una opción de solución para el impacto ambiental que causa el purín de porcino sobre la atmosfera, suelo y agua dándoles un valor agregado, por medio de la aplicación del biocarbón producido por los purines de las granjas de porcinos, además, tiene la forma recalcitrante de carbono, estos sirven para almacenamientos con tiempos duraderos, atrasando su regreso a la atmósfera como CO<sub>2</sub>, esto permite disminuir el cambio climático, la producción de biocarbón y su uso es una alternativa amigable con el medio ambiente, además traerá beneficios para la población, debido a que es una fuente de trabajo, no



convencional, donde se produce ingresos económicos extras dando así un valor agregado a los residuos orgánicos .

La investigación se realizó porque los purines de cerdo originan gases en el medio ambiente relacionadas al nitrógeno y fósforo que ocasiona el cambio climático, además se origina el enriquecimiento de nutrientes en el agua (el incremento en la dosis de los compuestos de N y P trae un desarrollo rápido de las plantas acuáticas, trayendo así un desequilibrio en la comunidad biológica presente en la calidad de agua y el ecosistema acuático), así mismo da origen a la reacción acida de los diferentes compuestos produciendo así un desequilibrio del pH) (Espejo Marín y García Marín, 2010). por estas razones se realizará biocarbón a partir de purín de porcino para disminuir su toxicidad y brindar su uso en la industria agrícola, trayendo mejoras de las propiedades del suelo las cuales son: físicas, químicas y biológicas. También mejora la capacidad de remoción de los metales pesados del suelo dañado.

Gracias a lo investigado se tendrá una opción para la utilización de las heces de los cerdos para elaborar biocarbón y desarrollarlos en las actividades agrícolas.

En base a ello, el **objetivo general** de la investigación es evaluar la eficiencia del biocarbón obtenido a partir del purín de porcino por pirólisis. Asimismo, los **objetivos específicos** son: caracterizar del purín de porcino para la obtención del biocarbón por pirólisis, determinar la temperatura y tiempo adecuado para la obtención del biocarbón a partir de purín de porcino y determinar el porcentaje de carbono obtenido a partir de purín de porcino por pirólisis.

La **hipótesis general** de la investigación es: la eficiencia del biocarbón es mayor al 40 % obtenido a partir del purín de porcino por pirólisis. Asimismo, las **hipótesis específicas** son: Las características del purín de porcino permiten obtener biocarbón por pirólisis, la temperatura de pirólisis que permite obtener mayor porcentaje de biocarbón a partir del purín de porcino es de 300 °C. y el tiempo de pirólisis que permite obtener buena calidad en la elaboración de biocarbón a partir del purín de porcino es de 1 h y el porcentaje de carbono total que presenta el biocarbón elaborado a partir del purín de porcino es mayor al 70 %.

## II. MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo de la tesis de investigación se tomó en cuenta antecedentes tanto nacionales como internacionales las cuales nos permitió tener un mejor entendimiento del tema propuesto y poder comparar los resultados obtenidos en nuestro estudio.

En la investigación realizada por, Meng et al. (2013), se estudió a los biocarbones derivados del estiércol porcino compostado aeróbicamente, la pirólisis fue a 400 °C y 700 °C, las concentraciones disponibles de As, Cu, Mn y Zn de biochar producidas a 700 °C fueron más altas que en biochar producido a 400 °C, la capacidad máxima de adsorción de Cu (II) fue de 20,11 mg g<sup>-1</sup> por biochar producido a 400 °C. La pirólisis de estiércol porcino compostado aeróbicamente puede usarse como una enmienda del suelo o como un adsorbente para la eliminación de iones de metales pesados del agua residual.

Wei et al. (2019), investigaron las influencias de la materia prima y la temperatura de pirólisis en las fracciones de carbono del biochar de cuatro tipos de desechos orgánicos (paja de arroz (PA), madera de pino (MP), estiércol de cerdo (EC) y lodos de depuradora (LD) se pirolizaron a distintas temperaturas (300 °C, 400 °C, 500 °C, 600 °C y 700 °C), el biochar producido a baja temperatura exhibió altos rendimientos, alto contenido de carbono orgánico disuelto (COD) y contenido de carbono orgánico inestable, la estabilidad de los biocharres se mejoró considerablemente a temperaturas de pirólisis > 500 °C. Si los biocharres producidos en este estudio fueran utilizados para la retención de carbono en el suelo, la primera prioridad debería ser MP, seguida en orden por PA y EC

De acuerdo a, Krzysztof Gondek y Mierzwa Hersztek (2016), en su estudio evaluaron el efecto de la conversión térmica del estiércol de cerdo y la basura de aves de corral en el contenido y la movilidad de Mn y Fe en biocarbones y en el suelo después de su aplicación (0,5 %, 1 % y 2 % de enmiendas al suelo ), se registró un aumento en el contenido de las formas totales y una reducción de las formas de Mn y Fe extraídas con agua, la enmienda del 2 % del biochar de estiércol de cerdo al suelo causó un aumento en el contenido de formas móviles de Fe, mientras que el biochar de cama de aves disminuyó la movilidad de este

elemento, se ha demostrado que el contenido de Fe y Mn extraído con  $C_{10}H_{22}N_4O_8$  a 0,025 M fue mayor que el contenido de estos elementos extraídos con  $NH_4NO_3$  a 1 M.

Los factores que influyen en la hidrofobicidad de los biocarbones elaborados con la materia prima de purín porcino son el tiempo y temperatura de pirólisis los cuales fueron explicados por Moreno Barriga et al. (2015) , donde realizaron pirólisis del mismo a temperaturas de 300 °C, 400 °C, 500 °C y 700 °C con una duración de 1 h, 2 h, 4 h y 5 h, logrando 16 formas diferentes de biocarbones los cuales pasaron por la hidrofobicidad, los grupos funcionales y el carbono total, llegando a las conclusiones que la hidrofobicidad de los biocarbones se incrementa a temperaturas bajas y tiempos bajos de Pirólisis, desapareciendo a partir de 400 °C a 4 horas y cualquier tiempo a partir de 500 °C.

Como hace mención, Zhao et al. (2017) ,tuvieron como objetivo de este estudiar la estructura y las propiedades fisicoquímicas del biochar derivado de las ramas de los manzanos (ATB) y se pirolizaron a 300 °C, 400 °C, 500 °C y 600 °C (BC300, BC400, BC500 y BC600), respectivamente, los resultados indicaron que el aumento de la temperatura aumentó el contenido de carbono fijo (C), el contenido de C y los minerales inorgánicos (K, P, Fe, Zn, Ca, Mg), mientras que el rendimiento, el contenido de materia volátil (VM), O y H, la capacidad de intercambio catiónico y las relaciones de O/C y H/C disminuyeron, la temperatura de pirólisis tiene un fuerte efecto sobre las propiedades de biochar.

Se hizo la enmienda de suelos con diferentes niveles de biocarbón, como menciona Martínez C. et al. (2017), evaluaron el resultado que tendrá el tiempo de unión de las mezclas suelo/biocarbonizado sobre la disposición de fósforo, donde se hizo pruebas para definir el efecto del suelo enmendado con 5 niveles de biocarbón (0 %, 5 %, 10 %, 20 % y 30 % p/p), la cantidad desorbida almacenada, luego de 8 extracciones seguidas fue de 85 % más cuando se agregó biocarbonizado en 35 % p/p. así mismo la aplicación de biocarbonizado incremento el porcentaje de fósforo de hasta un 38 % después de 1 mes de incubación cuando se agrega 35 % p/p, los resultados demuestran que los

biocarbones intervienen en los cambios de propiedades del suelo ya que retienen el P y son beneficiosos para los cultivos agrícolas.

De acuerdo a Fiallos Ortega et al. (2015), realizaron la restauración del suelo por medio de la dosificación de diferentes niveles de carbón vegetal (10 t. ha<sup>-1</sup>, 20 t. ha<sup>-1</sup>, y 30 t. ha<sup>-1</sup>) donde se consiguió el mayor resultado a 30 t. ha<sup>-1</sup> de carbón vegetal y a la vez hubo una mejora considerada de la calidad de suelo, lo que dio opciones a tener una rentabilidad económica que sea beneficioso para los productores y ganaderos.

Maggen et al. (2017), estudiaron al estiércol de cerdo el que produce la liberación de NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, compuestos orgánicos volátiles y molestias por olor, la pirólisis del estiércol de cerdo seco puede considerarse como un enfoque viable, el biochar enmendado producido puede usarse como fertilizante de liberación lenta con alta concentración de N, K y P y tiene efectos beneficiosos como secuestrador de carbono, fertilizante de los suelos y mejora el rendimiento de los cultivos.

Para evaluar el biochar no activado para mitigar las emisiones gaseosas del estiércol almacenado, Maurer et al. (2017), se aplicó en la superficie de biochar con tres tratamientos (1,14 kgm<sup>-2</sup>; 2,28 kgm<sup>-2</sup> y 4,57 kgm<sup>-2</sup> de estiércol) durante un mes, se observaron reducciones significativas en las emisiones de NH<sub>3</sub> (reducción del 12,7 % - 22,6 % en comparación con el control), el tratamiento con biochar podría ser una opción prometedora y de precio comparable para reducir las emisiones de NH<sub>3</sub> del estiércol porcino almacenado.

Para evaluar el efecto del estiércol de cerdo y la basura de aves de corral, así como los biochares producidos a partir de estos materiales a una temperatura de 300 °C en los contenidos de Cu, Cd, Pb y Zn en formas móviles, Gondek y Mierzwa Hersztek (2016), la investigación se llevó a cabo en el laboratorio, los materiales se introdujeron en el suelo ácido arenoso en dosis de 0,5 %; 1,0 % y 2,0 % p/p, la aplicación de biochar derivado de estiércol de cerdo (BPM) y biochar derivado de basura de aves de corral (BPL), dependiendo de la cantidad agregada, redujo la movilidad del cobre del 28 % al 69 %, del 77 % al 100 % en el caso del cadmio, de 94 % a 99 % en el caso del plomo y de 15 % a 97 % en el caso del zinc.

Los desechos de *Conocarpus* se pirolizaron a diferentes temperaturas (200 °C–800 °C) como menciona Al-Wabel et al. (2013), para investigar su impacto en las características y la composición química de los biocarpos. A medida que aumentaba la temperatura de pirólisis, aumentaba el contenido de cenizas, el pH, la conductividad eléctrica, los grupos funcionales básicos, la estabilidad del carbono y el contenido total de C, N, P, K, Ca y Mg, mientras que el rendimiento de biocarbón, el contenido total de O, H y S, la forma inestable de C orgánico y los grupos funcionales ácidos disminuyeron. Las proporciones de O / C, H / C, (O + N) / C y (O + N + S) / C tendieron a disminuir con la temperatura. Los datos de la transformación de Fourier infrarrojos indican un aumento de la aromaticidad y una disminución de la polaridad del biocarbón producido a alta temperatura. Con la temperatura de pirólisis, la pérdida de celulosa y los componentes minerales cristalinos aumentaron, como lo indica el estudio de desviación de rayos X y las imágenes de microscopio electrónico de barrido. Los resultados sugieren que el biocarbón pirolizado a alta temperatura puede poseer un mayor potencial de secuestro de carbono cuando se aplica al suelo en comparación con el obtenido a baja temperatura.

Según Cantrell et al. (2012) la pirólisis de estiércol de ganado genera biocarbón rico en nutrientes con posibles usos agronómicos, se necesitan estudios para aclarar las propiedades del biocarbón en las variedades de estiércol bajo condiciones controladas similares. Este artículo presenta resultados fisicoquímicos seleccionados para cinco biochar a base de estiércol pirolizados a 350°C y 700 °C: sólidos separados porcina; estiércol de corral de engorde pavimentado; estiércol de lechería; arena para aves de corral; y arena para pavo. Los análisis elementales y FTIR de estos biochar alcalinos demostraron variaciones y similitudes en las características fisicoquímicas. Los espectros FTIR fueron similares para (1) pavo y aves de corral y (2) corral de engorde y lechería, pero fueron distintos para los biochar porcinos. Los biochar lácteos contenían el mayor contenido de materia volátil, C y energía y el menor contenido de cenizas, N y S. Los biochar porcinos tenían los mayores contenidos de P, N y S junto con los valores más bajos de pH y CE. Los biochars de basura avícola exhibieron los valores de CE más altos. Con el mayor contenido de cenizas, los biochars de arena para pavos tuvieron las mayores recuperaciones

de masa de biocarbón, mientras que los biochars de corrales de engorde mostraron las más bajas.

Tsai et al. (2012) afirmó que los biochar han tomado una consideración progresiva en estos años debido a sus propiedades relativas a la fertilidad del suelo y la inmovilización de contaminantes, además de servir como sumideros de carbono. En este trabajo, se produjeron una serie de biochar a partir de desechos secos de estiércol porcino mediante pirólisis lenta a diferentes temperaturas (es decir, 673 K - 1073 K). Se examinó la caracterización de los biochar resultantes por su relevancia para su uso potencial como enmienda del suelo. Se encontró que las propiedades de los poros, el contenido de cenizas y los valores de pH de todos los biochar derivados del estiércol de cerdo aumentaban básicamente a medida que aumentaba la temperatura, mientras que el rendimiento y el contenido de nitrógeno / oxígeno disminuían con el aumento de temperatura como resultado de la volatilización pirolítica durante la pirólisis. A partir de los análisis de elementos orgánicos e inorgánicos, el biocarbón derivado del estiércol era rico en nutrientes del suelo como N, P, Ca, Mg y K. Además, las propiedades químicas, de poros y de superficie también coincidían con las observaciones del SEM- EDS, XRD y FTIR. Este resultado sugirió que el biocarbón derivado del estiércol mesoporoso podría usarse como un medio excelente para el medio ambiente del suelo.

Según Panez (2017) la medición de proporción de cadmio (Cd) con la utilización del biochar de restros vegetales tuvo resultados favorables en las tierras dañadas, dando como resultados que la concentración de Cd fue muy baja siendo menor a 0,01 mg/L, con una eficacia de 92,3 %, lo cual indica que el biochar aplicado al 20 % en la tierra dañada tuvo un resultado favorable. También hubo resultados negativos donde la concentración máxima de Cd fue de 0,02 mg/L con una eficiencia del 84,6 % y biochar al 10 %.

Como menciona Remigio (2018) en el presente trabajo de investigación se realizó 4 tratamientos con diferentes dosificaciones de 0 %, 5%, 10 %, 15 % y tres replicas con una maceta que fue la unidad experimental, también se determinó el efecto que tiene el biochar de purín de porcino y avícola en la

reducción de cadmio (Cd) en el suelo agrícola, se trabajó a una temperatura promedio de 300 °C.

De acuerdo a, Brassard et al. (2017), estudiaron la pirólisis de biomasa y la valorización de los coproductos (biochar, bio-oil, gas de síntesis) podrían ser una solución de gestión sostenible para los residuos agrícolas y forestales dependiendo de sus propiedades, el biochar modificado al suelo podría mejorar la fertilidad, además, se espera que el biochar mitigue el aumento continuo de las temperaturas al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero del suelo, si su relación C/N es inferior a 30, y secuestrar carbono si sus relaciones O/Corg y H/Corg son inferiores a 0,2 y 0,7; respectivamente, sin embargo, el rendimiento y las propiedades del biochar están influenciados por la alimentación de biomasa y los parámetros operativos de la pirólisis, el objetivo de este estudio de investigación fue validar un enfoque basado en la metodología de la superficie de respuesta, para identificar los parámetros operativos óptimos de pirólisis (temperatura, tiempo de residencia sólido y velocidad de flujo de gas portador), con el fin de producir biochar diseñados para el secuestro de carbono, los experimentos de validación de pirólisis confirmaron que el enfoque seleccionado puede usarse para predecir con precisión los parámetros operativos óptimos para producir biochar con las propiedades deseadas para secuestrar carbono.

Como nos mencionan Sánchez Reinoso et al. (2019), el biocarbón se consigue por la descomposición del material orgánico a elevadas temperaturas que oscilan entre los 200 °C y 900 °C por Pirólisis, dicho producto es rico en carbono que generalmente es de origen vegetal. El biocarbón contiene elementos que son: azufre, carbono, nitrógeno y oxígeno, los componentes principales para la elaboración de biocarbón son: residuos forestales, residuos agroindustriales y los estiércoles de animales. De acuerdo al tipo y clase de residuo o materia vegetal dependerá la calidad y sus características fisicoquímicas, la Pirólisis ayuda a la estabilización de la descomposición biológica y química del biocarbón, dicho producto tiende a ser más estable en los suelos por un tiempo mayor. La utilización del biocarbón ayuda a la mejora de los suelos en: sus propiedades fisicoquímicas y fertilidad, así como también en el comportamiento fisiológico de las plantas como: germinación, aglomeración de materia seca, rendimiento, fotosíntesis y la calidad.

Según Santos et al. (2020) el uso de biomasa obtenida por pirólisis ha recibido una gran atención debido a sus características favorables para la mejor productividad del suelo con fines agrícolas, la remediación del suelo frente a varios tipos de contaminantes y un gran potencial de secuestro de carbono. Este estudio tuvo como objetivo evaluar las características físico-químicas del biocarbón producido a partir del endocarpio de *Syagrus coronata*. Se determinaron las mejores condiciones operativas para obtener un biocarbón con buenas características para ser utilizado en suelo como fertilizante. Las técnicas de análisis termogravimétrico (TGA/DTGA), análisis elemental (EDX), microscopía electrónica de barrido y espectroscopía infrarroja (FT-IR) permitieron hallar la pirólisis a 400 °C era el que presentaba una mayor estabilidad y características más adecuadas, en comparación con los otros materiales. El material en esa condición es más favorable para ser utilizado como fertilizante natural para mejorar el estándar del suelo y, en consecuencia, para estimular la productividad agrícola.

De acuerdo a Wang et al. (2018) se realizó un experimento de olla para investigar los efectos del biocarbón de madera (5 %), biocarbón de bambú (5 %), biocarbón de paja de arroz (5 %) y biocarbón de cáscara de nuez china (5 %) sobre el crecimiento, acumulación de metales pesados en bambú moso, propiedades físicas del suelo y solubilidad de metales pesados en el suelo. Los resultados revelaron que el peso seco del bambú moso aumentó significativamente en los tratamientos de biocarbón de madera (5 %), biocarbón de paja de arroz (5 %) y biocarbón de cáscara de nuez china (5 %), excepto biocarbón de bambú (5 %). La aplicación de biocarbón de paja (5 %) fue más efectiva para mejorar la biomasa de las plantas, con un aumento del 157 %, 113 % y 111 % en hojas, raíces y tallos de bambú moso. Todos los tratamientos de biocarbón han mejorado significativamente la conductividad eléctrica del suelo con un aumento máximo del 360 % en comparación con CK. En caso de acumulación de metales pesados, la aplicación de biocarbón de bambú al 5%, biocarbón de paja y biocarbón de cáscara de nuez china ha reducido la absorción de Cu en las raíces en un 15 %, 35 % y 26 %, respectivamente. Los biocarbón han reducido significativamente la solubilidad de los metales pesados del suelo con una reducción máxima de 58,91 mg kg<sup>-1</sup> y 10,59 mg kg<sup>-1</sup> de Cu y Pb con la



aplicación de biocarbón de paja de arroz. Se concluye que el peso seco del bambú moso mejoró significativamente con todos los tratamientos de biocarbón excepto el biocarbón de bambú.

Do et al. (2018) examinó el efecto de la variedad de arroz y la temperatura de pirólisis en las propiedades de los biochar, producidos a partir de paja de arroz y cáscara de arroz de Koshihikari (una variedad de arroz típica de Japón) e IR50404 (una variedad de arroz típica de Vietnam), en el rango de temperatura de 300 °C a 800 °C. Los biochar producidos a altas temperaturas de pirólisis (> 500 °C) mostraron mayor área de superficie (aproximadamente 3 veces) y mayor contenido de Si (en más del 15 %), pero menores proporciones de H / C y O/C en comparación con los biochar producidos a menor temperatura. Con respecto a la variedad de arroz, los biochars japoneses Koshihikari poseían un mayor contenido de Si (casi el 20 %), pero menor superficie específica y relaciones O/C y H/C que los biochar de residuos de arroz IR50404 vietnamitas. La superficie de los biochar vietnamitas de paja de arroz a 600 y 700 °C era 30 % más que la de los biochar japoneses de paja de arroz, mientras que la superficie de los biochar vietnamitas de cáscara de arroz era ligeramente mayor que la de los biochar de arroz japonés. biochar de cáscara. Se predijo que un mayor contenido de Si en los biochars japoneses Koshihikari era una de las principales razones de la menor superficie en sus biochar, debido a la mayor posibilidad de que la sílice llenara o bloqueara los poros.

Bera, Patra y Datta (2017) evaluaron las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y espectrales del biocarbón preparado a partir de cuatro residuos agrícolas principales de la India [paja de arroz (RSB), paja de trigo (WSB), rastrojo de maíz (MSB) y rastrojo de mijo perla (PSB)] a tres (400 °C, 500 °C y 600 °C) temperaturas de pirólisis. Las temperaturas de pirólisis y los tipos de residuos influyeron profundamente en las propiedades del biocarbón, por ejemplo, el biocarbón PSB tenía el mayor contenido de pH ( $10,75 \pm 0,01$ ), equivalente de carbonato de calcio (CCE) ( $47,8 \pm 0,5$ ) y carbonato ( $\text{CO}_3^{3-}$ ) ( $432 \pm 17 \text{ meq kg}^{-1}$ ). Independientemente del residuo, una mayor temperatura de pirólisis mejora la capacidad de neutralización de ácido de los biochar al aumentar el pH en el agua (pHw), CCE y  $\text{CO}_3^{3-}$  contenido. El CCE del biocarbón presento una correlación positiva significativa con el pHw ( $R^2 = 0,51$ ,  $p < 0.001$ )

y el contenido de cenizas del biochar ( $R^2 = 0,54$ ,  $p < 0.001$ ). Una gran cantidad de potasio soluble en agua ( $20,6-29,5 \text{ g kg}^{-1}$ ) en todos los biochar los hizo adecuados para suministrar potasio a las plantas. La espectroscopia infrarroja explicó la formación del grupo funcional, mientras que la XRD reveló la formación de minerales en el biocarbón. Por lo tanto, dependiendo del requerimiento, se pueden preparar diversas propiedades del biocarbón diseñando el tipo de residuo y la temperatura de pirólisis adecuada para su aplicación en un suelo específico para aliviar la deficiencia de nutrientes y mejorar la productividad del suelo.

Brown, Wright y Brown (2011) estimaron la rentabilidad de producir biocarbón a partir de residuos de cultivos (rastrojo de maíz) para dos escenarios. El primero emplea pirólisis lenta para generar biocarbón y gas de pirólisis y tiene la ventaja de altos rendimientos de carbón (hasta 40 % en peso) pero la desventaja de producir un producto energético de valor relativamente bajo (gas de pirólisis de valor calorífico modesto). El segundo escenario emplea la pirólisis rápida para maximizar la producción de bioaceite con biocarbón y gas de pirólisis como coproductos de menor rendimiento. El escenario de pirólisis rápida produce un producto energético de valor sustancialmente más alto que la pirólisis lenta, pero a costa de una mayor inversión de capital.

Según Demirbas (2006) estudio sobre la pirólisis lenta de madera de roble y residuos agrícolas como cáscara de avellana y paja de trigo a alta temperatura ( $950 \text{ K}-1250 \text{ K}$ ) en un reactor cilíndrico. La finalidad de este trabajo es aprender el impacto de las condiciones de tratamiento como la temperatura, la magnitud de partícula y el contenido de lignina y materia inorgánica sobre el rendimiento y la reactividad del biocarbón. Cuando la temperatura de pirólisis aumentó, el rendimiento de biocarbón disminuyó. Una temperatura alta y partículas más pequeñas aumentan la velocidad de calentamiento, lo que resulta en una disminución del rendimiento de biocarbón. El mayor contenido de lignina en la cáscara de avellana da como resultado un mayor rendimiento de biocarbón en comparación con la madera de roble y la paja de trigo. Los biochar de cáscara de avellana y paja de trigo son más reactivos en la gasificación que los biochar de madera de roble debido al mayor contenido de cenizas. Los biocarburantes

obtenidos son ricos en carbono, con alto poder calorífico y biocombustible sólido con potencial relativamente libre de contaminación.

La pirólisis como nos indica Guran (2018), es el proceso mediante el cual la materia a base de carbono se lleva a una temperatura alta en un ambiente privado de oxígeno, lo que resulta en una descomposición de la materia en sus elementos químicos constituyentes, cuando los gases producidos por la pirólisis se enfrían a temperatura ambiente, los gases más pesados se condensan en líquidos, que se denominan bio-aceite, los gases más ligeros, como el hidrógeno y el metano, que siguen siendo gases a temperatura ambiente, se denominan gas de síntesis.

Kinney et al. (2012) caracterizaron el impacto de la temperatura de pirólisis en dos importantes propiedades hidrológicas del suelo: capacidad de campo e hidrofobicidad. Demostramos que el biocarbón puro exhibe una amplia gama en ambas propiedades dependiendo de la materia prima y las condiciones de pirólisis. Encontramos que ambas propiedades pueden controlarse mediante la elección de la temperatura de pirólisis; 400 °C - 600 °C produjo biochar con las propiedades hidrológicas más deseables (capacidad máxima de campo y mínima hidrofobicidad). Además, mostramos que la hidrofobicidad está fuertemente correlacionada ( $R^2=0,87$ ;  $p < 0,001$ ) con la presencia de funcionalidades alquilo en los espectros FTIR, lo que sugiere que esta propiedad se deriva de dominios alifáticos en la superficie de biochar de baja temperatura. Aunque podríamos relacionar la hidrofobicidad con la química del biocarbón, nuestras técnicas de caracterización química fueron insuficientes para describir la variación en la capacidad de campo de las mezclas de biocarbón de suelo. La capacidad de campo puede estar relacionada con los poros grandes de biocarbón, lo que sugiere la necesidad de técnicas cuantitativas para caracterizar poros grandes (mayores de 0,1 mm) dentro de las partículas de biocarbón.

A continuación, se describe los alcances teóricos que sirvió como sustento para el desarrollo de la tesis.

La biomasa es una de las primeras fuentes de energía usadas por la raza humana, como mencionan Jahirul et al.(2012), todavía es la primordial fuente de energía en las naciones en desarrollo, en el mundo occidental, un renovado

interés en la biomasa comenzó en los años setenta, el carbón vegetal, que es un combustible sin humo utilizado para calefacción, se ha producido a partir de biomasa de madera durante miles de años, su primer uso tecnológico se remonta a la edad del Hierro, cuando se usaba carbón en la fusión de minerales para producir hierro, las desventajas de la tecnología de pirólisis temprana incluyen producción lenta, bajo rendimiento energético, por lo tanto, el desarrollo tecnológico para recuperar la máxima energía posible de un tipo particular de biomasa continúa como un paso importante hacia una inversión rentable, hoy en día existen principalmente tres formas frecuentemente utilizadas para extraer energía de la biomasa, estos son: combustión (exotérmica), gasificación (exotérmica) y pirólisis (endotérmica), la combustión es la oxidación del combustible en el que la biomasa puede oxidarse por completo y transferirse al calor, sin embargo, la eficiencia de este proceso es de solo alrededor del 10 % y esta forma de uso es una fuente de contaminación sustancial, la gasificación es un proceso de oxidación parcial que convierte un combustible sólido en un combustible gaseoso, mientras que la pirólisis es la primera etapa de los procesos de combustión y gasificación, Por lo tanto, la pirólisis no es solo una tecnología de conversión independiente, sino también una parte de la gasificación y la combustión, que consiste en una degradación térmica del combustible sólido inicial en gases y líquidos sin un agente oxidante, el proceso de pirólisis consiste en reacciones simultáneas cuando el material orgánico se calienta en una atmósfera no reactiva, en este transcurso; la desintegración térmica empieza a 350 °C – 550 °C sin la presencia del aire/oxígeno, las largas cadenas de compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno en la biomasa se descomponen en moléculas más pequeñas a modo de gases, vapores condensables (alquitranes y aceites) y carbón sólido en condiciones de pirólisis.

El interés en el biocarbón como potencial potenciador del suelo comenzó con el descubrimiento de la tierra negra india (en la Amazonía) de acuerdo a Saletnik et al. (2019), por su alto contenido de carbono y nutrientes. Como se mostró en investigaciones anteriores, los suelos se crearon hace unos miles de años como resultado de la quema de bosques e incendios naturales, así como la mejora del suelo con el uso de carbón aplicado por los nativos precolombinos, desde el punto de enfoque agrícola, el uso de productos de carbonización para la mejora

del suelo parece ser beneficiosa porque el tratamiento mejora el estado para la formación de las plantas, lo que lleva a un mejor rendimiento, además, debido a los efectos rápidos y los costos relativamente bajos de dicho tratamiento, los biocarbones se usan cada vez con más frecuencia en procesos de remediación y conservación del suelo, la actividad del biochar, después de su introducción en el ambiente del suelo, depende predominantemente de las materias primas usadas en su producción y los parámetros del proceso de pirólisis, estos determinan el contenido de macro y microelementos, así como sustancias nocivas, como por ejemplo, metales pesados, la composición química heterogénea de los biochar permite su interacción con una gran variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el suelo, las diversas propiedades de los materiales de biochar permiten reacciones con fracciones minerales y orgánicas del suelo y la acumulación de complejos minerales y orgánicos combinados, además, la aplicación de biocarbones al suelo aumenta el contenido no solo de carbono sino también de otros compuestos biogénicos, como el fósforo, el potasio, el magnesio y el nitrógeno, debido a sus grandes capacidades de intercambio iónico y superficie específica mayor.

El biocarbón, de acuerdo a, Escalante Rebolledo et al. (2016), se da por la descomposición mediante la Pirólisis, a temperaturas debajo de los 700 °C y se destina a uso netamente agrícola, caracterizándolo de los demás carbones que son utilizados como combustible o material activado. El instituto internacional de biochar en su definición estandarizada del producto y pautas de prueba del producto para biochar que se utiliza en el suelo, define al biocarbón que es un compuesto sólido producido mediante la Pirólisis en un ambiente con poco oxígeno.

El biocarbón de acuerdo a Lal (2008), se produce a partir de las transformaciones de diferentes materiales de biomasa mediante la Pirólisis, el biocarbón es un material carbonoso de grano fino y poro útil que se usa como almacén de carbono. La ventaja de la producción del biochar se refiere en la retirada de materia orgánica del suelo para transformarlo en un material resistente a la degradación. Dicho material hace modificaciones químicas y físicas en las propiedades del suelo.

Como mencionan Moreno Barriga et al. (2015), las características del biocarbón permanecen asociados con la materia prima y las circunstancias que determina el estado de Pirólisis que son: tiempo y temperatura. Por ello, diferentes estudios concluyen que la composición y calidad del biocarbón depende de la materia prima utilizada y las condiciones de producción, por lo tanto, los factores que influyen en una buena producción de biocarbón son: la selección de materias primas, la tecnología y los ajustes en la temperatura y tiempo.

De acuerdo a Escalante Rebolledo et al. (2016), la estructura química de los biocarbones tiene colaboración O/C más grandes que el carbón mineral, que tienen orígenes en la biomasa, pero su formación es geológicamente en tiempos que alcanzan escalas geológicas, los componentes del biocarbón son muy recalcitrantes, la añadidura del hablado producto al suelo puede proceder como un conducto de carbono potencialmente beneficioso y así ayuda a mitigar el derroche de dióxido de carbono en la atmosfera.

Las características físico-químicas del biocarbón se describen como hace mención Escalante Rebolledo et al. (2016). son: solido carbonoso, color negro, superficie desordenada e intrincada, cuyas características son diferentes por la Pirólisis ya que en dicho proceso influye el tiempo y tipo, generalmente el biocarbón es amorfo. Dicho producto está formado por diferentes tamaños, así como además es dependiente de la fuente y tamaño de la materia cuyos tamaños van de 2 nm a los 5 nm. Estos tamaños se diferencian en dos los cuales son: los microporos y macroporos, donde los macroporos poseen espacios propios de la materia original y posibilita el transporte veloz de sorbatos y los microporos ayudan al transporte de las moléculas concentradas. la temperatura es un interviniente en la formación de poros cuanto mayor temperatura mayor es la microporosidad, además producen más área de carga reactiva y los microporos tienden a la adsorción de compuestos líquidos, gases y sólidos, con una densidad entre  $0,30 \text{ g cm}^{-3}$  a  $0,43 \text{ g cm}^{-3}$ , con un área de superficie de  $200 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$  y  $400 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ .

Los materiales utilizados en la elaboración de biocarbón son muchos como lo mencionan Escalante Rebolledo et al. (2016), el principal es que dichos

productos no compitan con otros usos, por ejemplo, que generen productos con más costo económico que el biocarbón, o que disputen con la fabricación de alimentos, bienes y servicios del ambiente.

El uso de biochar en la protección del medio ambiente cae dentro del alcance de la remediación de suelos contaminados, producción de energía, aspectos del cambio climático, gestión de residuos, problemas de desarrollo sostenible, por tal razón Saletnik et al. (2019), menciona la producción de biocarbón que es uno de los métodos que permite reducir la necesidad de eliminar desechos de animales y plantas, los desechos animales biodegradables, la biomasa agrícola y los lodos de depuración se pueden utilizar de manera efectiva para la producción de energía a través de la pirólisis, los beneficios adicionales incluyen una reducción en el volumen de residuos sometidos a procesamiento térmico, así como la eliminación de microorganismos patógenos que pueden ocurrir, por ejemplo, en estiércol de ganado y lodos de depuradora, el uso del material de desecho anterior en la producción de biocarbón también puede conducir indirectamente a la reducción de las emisiones de metano de los vertederos y reducir la necesidad de buscar métodos alternativos de gestión de desechos, el aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera en los últimos años ha llevado a una desproporción significativa entre la emisión natural y la absorción de carbono, es necesario tomar medidas para equilibrar el carbono en la atmósfera mediante su captura y almacenamiento en el suelo.

Según Saletnik et al. (2019), cualquier material que contenga carbono en su composición en compuestos orgánicos puede usarse para producir carbonos activos, las materias primas utilizadas, son los que determinan las características del carbono producido y las propiedades físicas así como también la modificación de estas propiedades de activación determinan la distribución del volumen y la porosidad en el carbono, el carbón activado tiende a tener una área superficial interna y una porosidad altamente desarrollada que resulta del procesamiento de materias primas bajo reacciones de alta temperatura, se compone de 87 % a 97 % de carbono, pero también contiene otros elementos dependiendo del método de procesamiento utilizado y la materia prima de la que proceda, la estructura porosa del carbón activado le permite adsorber materiales de la fase líquida y gaseosa.

De acuerdo a Makara y Kowalski (2015), la composición química del purín de cerdo depende de muchos factores, incluido el tipo y la edad de los animales y el método de alimentación, contiene principalmente compuestos nitrogenados (incluido amoníaco, compuestos de amonio, nitratos) y materia orgánica, La fracción sólida contiene principalmente compuestos fosfóricos, que se presentan principalmente en forma inorgánica (74 % a 87 % del contenido total de P) y compuestos orgánicos, el contenido de nitrógeno del estiércol de cerdo determina su valor para la fertilización.

El mal manejo del purín de porcino causa peligros al ambiente en forma de emisiones de gases de efecto invernadero, eutrofización de las aguas receptoras y contaminación del agua subterránea, como hace referencia Provoló et al. (2018) el riesgo más evidente de contaminación está relacionado con el nitrógeno (N) y el fósforo (P), el N puede emitirse al aire como amoníaco y puede contaminar el agua subterránea, principalmente como nitrato, el movimiento superficial y subsuperficial de N desde el suelo hacia el agua superficial, a menudo conectado con el transporte de P, es la principal causa de eutrofización.

Según Lal (2008), existen tres estrategias para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> para disminuir los cambios climáticos: (i) reducir el uso de energía global, (ii) desarrollar combustible bajo en carbono o sin carbono y (iii) secuestrar CO<sub>2</sub> de fuentes puntuales o atmósfera a través de la naturaleza y técnicas de ingeniería.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de la investigación**

El tipo de investigación que se realizó es aplicado, debido a que se manipula la variable independiente y se monitorea la reacción de los biocarbones obtenidos midiendo una respuesta (% de carbono total), estas pruebas se llevaron a cabo en condiciones estrictamente controladas, con la finalidad de saber de qué modo o por qué causa se produce dicha situación. (Wharrad y Silcocks, 2009).

El diseño de nuestra investigación fue experimental, del tipo cuasi experimental y subtipo factorial. De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014), el diseño pretende analizar experimentalmente el efecto que



sobre la variable dependiente tiene la manipulación de más de una variable independiente.

El nivel de investigación fue explicativo ya que estos estudios buscan el porqué de los hechos, en este tipo de estudios es imprescindible la formulación de hipótesis. De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014), determinan que el nivel explicativo va más allá de la descripción de conceptos o fenómenos, es decir, están dirigidos a responder por las causas de un hecho, explica por qué ocurre un suceso y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables.

### 3.2. Variables y Operacionalización

#### 3.2.1. Operacionalización

En la (Tabla1), se muestran las variables que conforman la presente investigación; mientras que en el (Anexo 2) se tiene la matriz de operacionalización de las variables.

**Tabla 1.** Variables de investigación

Variables de investigación	
Purín de porcino	INDEPENDIENTE
Biocarbón	DEPENDIENTE

**Fuente:** elaboración propia

#### 3.2.2. Variables

- **Variable Independiente:** Purín de porcino

Elnour et al.(2019),define el purín de porcino como residuos orgánicos fermentados o capaces de fermentar que se generan en las granjas y que provocan un gran impacto ambiental, están formados por dos fases: una líquida y otra sólida. El empleo de purín de porcino se evaluó mediante sus características químicas y su composición.

- **Variable Dependiente:** Biocarbón

Sánchez Reinoso et al. (2019), define como el biocarbón como un producto rico en carbono obtenido por pirólisis de biomasa generalmente de

origen vegetal. Derivado de la descomposición térmica de materiales orgánicos con escaso o limitado suministro de oxígeno. El Biocarbón obtenido se evaluó en función al tiempo de permanencia y la temperatura de pirolisis.

### **3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis**

#### **3.3.1. Población**

La población de estudio está conformada por los residuos de purín de porcino del criadero de Aguas de las Vírgenes - El Tambo.

#### **3.3.2. Muestra**

La muestra fue recolectada del criadero de porcinos de Aguas de las Vírgenes - El Tambo, la que se encuentra ubicado a 2 km de la ciudad de Huancayo. La que tendrá 300 gramos, teniendo un peso total de 9 kilogramos. Total, de cantidad de muestra de 9 kilogramos.

#### **3.3.3. Muestreo**

Para el purín de cerdo el muestreo será de tipo aleatorio simple los que se recolectaran del criadero de porcino Aguas de las Vírgenes - El Tambo.

#### **3.3.4. Unidad de análisis**

La unidad muestral fue de 10 gramos para el estudio de sus características fisicoquímicas.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1. Técnicas**

La técnica aplicada para la investigación fue la observación, la cual permitió la interacción del investigador con el biocarbón a partir del purín de porcino.

#### **3.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Se emplearon como instrumentos 5 fichas de recolección de datos, las cuales están detalladas en el (Anexo 3) y se resumen en la (Tabla 2):

**Tabla 2.** Fichas de recolección de datos

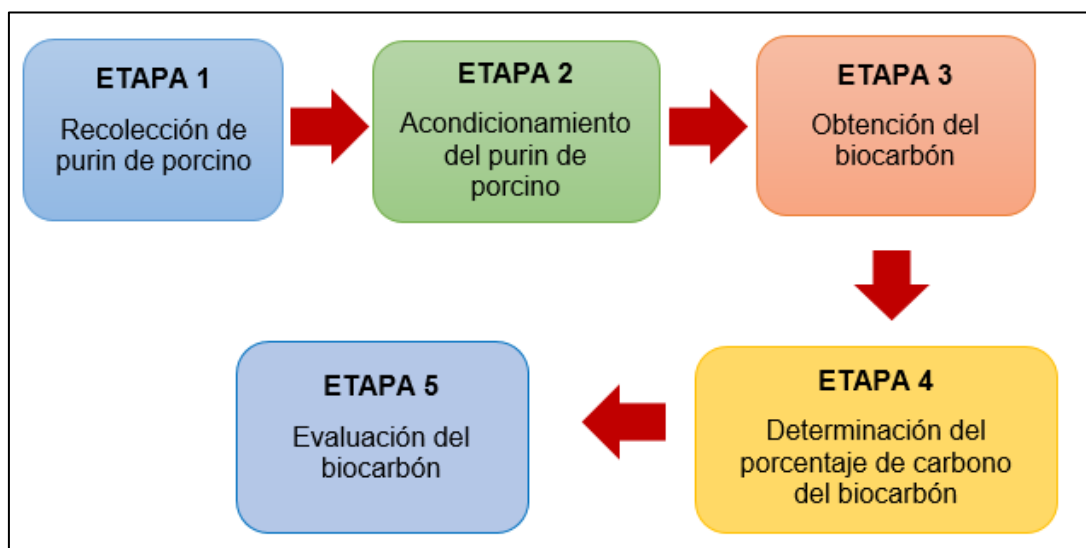
<b>Ficha 1</b>	<b>Formato de campo</b>
<b>Ficha 2</b>	<b>Datos de la toma de muestra</b>

<b>Ficha 3</b>	Control del proceso en la obtención del biocarbón
<b>Ficha 4</b>	Obtención del biocarbón
<b>Ficha 5</b>	Caracterización físico-químicas del biocarbón

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.5. Procedimiento

Seguidamente, damos a conocer el procedimiento que se llevó a cabo durante la fase experimental de la presente investigación, la cual se muestra en la (Figura 1).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 1.** Diagrama del procedimiento del proyecto de investigación.

#### ETAPA 1: Recolección de purín de porcino

##### a) Ubicación del Lugar

La granja de porcinos estuvo ubicada a unos 2 km de la ciudad de Huancayo en el distrito de El Tambo en Aguas de las vírgenes, malecón Bastidas la cual se muestra en la (Figura 2).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 2.** Ubicación del criadero de Porcinos.

Al llegar al criadero de porcinos se tomó coordenadas GPS como se observa en la figura 3 de 18 L 0474442 – 8666250 UTM como se muestra en la (Figura 3).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 3.** Coordenadas de ubicación

### **b) Obtención del purín de porcino**

Para su recolección y selección de las muestras representativas se realizó con el protocolo nacional de monitoreo de la calidad del suelo aprobado en por el Decreto Supremo N°002-2013-MINAM (MINAM, 2013), ya que no existe un protocolo de monitoreo para purines o estiércol de animales (Figura 4).



**Fuente:** Elaboración propia  
**Figura 4.** Criadero de cerdos.

### **c) Equipo necesario**

Para la realización de la recolección del purín de porcino, fue necesario utilizar elementos de seguridad y protección (Figura 5) los cuales se presentan a continuación:

- Equipos de protección personal (guantes de látex, botas y ropa impermeable)
- Pala de punta o palín.
- Rastrillo
- Un recipiente para adquirir la muestra.
- Bolsas de material plástico para envasar las muestras
- Lapiceros de tinta indeleble para su correcta rotulación.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 5.** Equipo de protección personal.

#### **d) Limpieza del área de recolección de la muestra**

El lugar elegido se raspa superficialmente con un rastillo, para recopilar la muestra de purín, para luego realizar el limpiado de los restos vegetales (Figura 6).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 6.** Raspado de la superficie con el rastillo.

#### **e) Remoción de la muestra**



El uso de la pala de punta facilito la obtención de la muestra de la misma profundidad y volumen, en este caso se introdujo en forma vertical en el sitio escogido y a la profundidad deseada, tal como se observa en la (Figura 7).



**Fuente:** Elaboración propia  
**Figura 7.** Uso de la pala.

#### **f) Recolección de la muestra**

Cada muestra fue transferida a un recipiente resistente y limpio para el transporte, hasta obtener 9 Kg, como se aprecia en la (Figura 8).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 8.** Llenado del purín de cerdo.

**g) Muestra trasladada al laboratorio**

Se trasladó la muestra obtenida del criadero de porcinos del Tambo al laboratorio, con el fin de prepararlos para la elaboración del biocarbón, como se muestra en la (Figura 9)



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 9.** Traslado de la muestra al laboratorio.

**ETAPA 2: Acondicionamiento del purín de porcino**

Una vez llevado la muestra al laboratorio, pasa por dos procesos de acondicionamiento, con el fin de elaborar el biocarbón

**a) Medición de la temperatura del purín de porcino**

Se midió la temperatura inicial del purín de porcino como se muestra en la (Figura 10), dándonos una temperatura inicial de 16°C.





**Fuente:** Elaboración propia  
**Figura 10.** Medición de la temperatura.

#### **b) Medición del pH del purín de porcino**

Se midió el pH del purín de porcino, obteniendo un pH neutro. En primer lugar, se cogió una muestra de 20 g y se añadió la muestra a un vaso de precipitación con 50 mL de agua destilada como se muestra en la (Figura 11).



**Fuente:** Elaboración propia  
**Figura 11.** Muestra con agua destilada.

En segundo lugar, se agito la mezcla durante 2 minutos, luego se dejó reposar durante 10 minutos, para medir el pH. (Figura 12).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 12.** Mezclado y medida del pH.

### c) Secado

El purín de porcino se colocó en bandejas de aluminio de dimensiones de 30 cm de ancho y 60 cm de largo, para el secado ver la (Figura 13).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 13.** Mezclado y medida del pH.

Luego se colocó las bandejas de aluminio en un horno-mufla durante 24 h a 60 °C, como se puede observar en la (Figura 14).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 14.** Muestras colocadas en el horno-mufla.

Se secó toda la muestra obtenida en bandejas de aluminio con 10 g durante 24 h a 60 °C. como se muestra en la (Figura 15).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 15.** Secado del purín de porcino.



#### d) Molienda

Se trituro el purín de porcino con un molino mecánico a mano y finalmente se tamizo con un tamiz de acero inoxidable N° 6, hasta obtener un tamaño de partícula menor a 4 mm (figura 16).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 16.** Triturado y tamizado del purín a 4 mm.

#### ETAPA 3: Obtención del biocarbón

Para obtener el biocarbón a partir de purín de porcino se determinó la temperatura y tiempo de Pirólisis que permitan obtener una mejor biomasa de biocarbón, se siguió la metodología realizada por (Moreno Barriga, Díaz Vicente y Acosta Méndez 2015).

- Para realizar el proceso de pirolisis que se da en una atmosfera en ausencia de oxígeno, se utilizó media tableta de Alka Seltzer que contiene bicarbonato de sodio y ácido cítrico que al reaccionar entre sí produce dióxido de carbono desplazando el oxígeno presente en la mufla.
- La biomasa menor a 4 mm se llevó a pirólisis en una mufla. Se empleó temperaturas de 300 °C, 400 °C y 500 °C y tiempos de Pirólisis fueron de 1 h, 2 h y 3 h. Después de cada ensayo de Pirólisis se dejó enfriar la mufla por un tiempo de 30 minutos (Figura 17).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 17.** Manejo del tiempo y temperatura de pirolisis.

- La masa del purín de porcino se llenó en un crisol de porcelana en una cantidad de 10 g, la cual se introdujo en la mufla a diferentes temperatura y tiempos, haciendo un total de 27 análisis (Figura 18).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 18.** Crisol de porcelana de 10 g de purín en la mufla.

- Se hizo la interacción de las variables tiempo y temperatura de pirólisis, trabajando a 300 °C en tiempos de 1 h, 2 h y 3 h, a 400 °C en tiempos en tiempos de 1 h, 2 h y 3 h y a 500 °C en tiempos de 1 h, 2 h y 3 h. así obteniendo los biocarbones a diferentes tiempos y temperaturas de pirólisis (Figura 19).



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 19.** Interacción de variables tiempo y temperatura de pirólisis.

- Posteriormente los biocarbones se almacenaròn en bolsas herméticas rotuladas.

#### **ETAPA 4: Determinación del porcentaje de carbono del biocarbón**

En total se obtuvo 27 biocarbones que estuvieron condicionados a la temperatura y tiempo de Pirólisis, los cuales fueron molidos para realizarles el análisis del carbono total que presentan, el carbono total se determinó en el laboratorio de análisis ambientales, mediante el método de calcinación, el cual nos servirá para ver el porcentaje de carbono.

- Los rendimientos de biochar se calcularon utilizando la ecuación:

$$Rendimiento (\%) = \frac{M_{biochar}}{M_{materia\ prima}} \times 100\% \quad (1)$$

Dónde: las masas están en gramos.

- Para el cálculo del contenido de humedad, materia volátil, cenizas y porcentaje de carbono se utilizaron las normas ASTM D3173-11, ASTM D3175-11, ASTM D3174-12 y ASTM D3172-13 respectivamente.

#### **Contenido de humedad**

$$\%Humedad = \frac{A-B}{A} \times 100 \% \quad (2)$$

Donde:

A: peso inicial, g de muestra utilizados

B: peso final, g de muestra después del calentamiento

#### **Materia volátil**

$$\% MV = \left[ \frac{C-D}{C} \times 100 \right] - \% Humedad \quad (3)$$

Donde:

C: peso inicial, g de muestra utilizados

D: peso final, g de muestra después del calentamiento

#### **Cenizas**

$$\% Cenizas = \frac{F}{E} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

E: peso inicial, g de muestra en A

F: peso final, g de muestra después del calentamiento

#### **Porcentaje de Carbono**

$$\%Carbono = 100 - \%humedad - \%materia\ volatil - \%cenizas \quad (5)$$

### **ETAPA 5: Evaluación del biocarbón**

Para poder ver la eficiencia del biocarbón se hizo la aplicación a un suelo degradado, en el cual se pudo ver cuán eficiente era el biocarbón mediante la mejora de sus propiedades de dicho suelo.

Para ello se obtuvo suelo degradado del centro poblado de Ancalayo - El Tambo el cual se encuentra a 3 km de la provincia de Huancayo. Los suelos

fueron transportados en bolsas plásticas a cantidades de 3 Kg, del centro poblado de Ancalayo al laboratorio de la INIA donde se realizó los análisis correspondientes.

Una vez en el laboratorio la muestra de suelo degradado se llenó en 2 maceteros de dimensiones de 22 cm de diámetro por 23 cm de alto en el primer macetero fue llenado con suelo degradado a una cantidad de 1 kg y biocarbón a 20 g, dicho biocarbón fue el que tiene un rendimiento y porcentaje de carbono intermedio. El biocarbón fue diluido en 50 mL de agua antes de ser agregado al suelo. En el segundo macetero fue llenado con 1 kg de suelo degradado seguidamente se agregó 20 g de biocarbón el cual fue con el mejor rendimiento obtenido y el mejor porcentaje de carbono hallando. Seguidamente dichos maceteros fueron regados dos veces por día durante una semana para la estabilización del biocarbón en el suelo.

Pasado los 7 días se tomó muestras de suelo en la parte inferior del macetero, dichas muestras fueron llevadas al laboratorio de la INIA para el análisis de fertilidad.

### **3.6. Método de análisis de datos**

En la presente investigación, los datos generados durante la fase de campo y gabinete fueron tratadas mediante la hoja de cálculo Excel del Microsoft office y el software estadístico Minitab v 18,0.

### **3.7. Aspectos éticos**

El proyecto de investigación respetó la propiedad intelectual, citando a los autores y la ética en investigación de la universidad, RCU N° 0126-2017/UCV. Además, se ajustó a la Resolución Rectoral N° 0089 -2019/UCV, Reglamento de investigación de la Universidad César Vallejo y mediante Disposición N° 7.4 de la Resolución de Vicerrectorado de Investigación N° 008-2017-VI/UCV: la cual se verificó mediante el turnitin la evidencia de no copia del proyecto de investigación.



#### IV. RESULTADOS

##### Caracterización del purín de porcino

Para la caracterización del purín de porcino se recolectó la muestra proveniente del criadero Aguas de las Vírgenes - El Tambo de la provincia de Huancayo. Dicha muestra fue trasladado al laboratorio de la INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria), donde se realizó la caracterización del purín de cerdo, los resultados se muestran en la (Tabla 3).

**Tabla 3** Características del purín de cerdo.

Características del purín		
Parámetros	Datos	Unidades
pH	6.57	
Conductividad eléctrica	6.62	dS/m
Materia Orgánica	82.54	%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6.12	%
K <sub>2</sub> O	1.67	%
CaO	4.05	%
N	2.33	%
MgO	1.99	%
Na	0.28	%

**Fuente:** Elaboración propia

En la (Tabla 3) se muestran las características iniciales del purín de cerdo, donde se tiene un pH de 6.57, conductividad eléctrica de 6.62 dS/m y materia orgánica de 82.54 %, siendo estos parámetros los más representativos.

##### Proceso experimental

En la presente investigación se buscó la eficiencia del biocarbón a partir del purín de porcino, donde se manipulo la temperatura (300 °C, 400 °C y 500 °C) y el tiempo de Pirólisis (1 h, 2 h, y 3 h). Los resultados obtenidos de la interacción de las variables fueron analizados en el laboratorio de análisis ambientales, donde se tuvo las masas del biochar y con esas masas se procedió al cálculo del rendimiento del biochar y el carbono, estos resultados sirvió para poder identificar el mayor rendimiento y mayor

porcentaje de carbono, con dichos resultados se pasó a aplicar el biocarbón obtenido a un suelo degradado para poder ver la eficiencia que se tiene del biocarbón, trabajando con el mejor porcentaje de carbono y rendimiento. Dichos resultados se presentan en las siguientes tablas:

### Rendimiento del purín de porcino

#### Replica I

**Tabla 4** Masas del biochar y materia prima – replica I

Tiempo (h)	Temperatura (°C)	Mmp (g)	Mbiochar (g)
1	300	10	6.25
1	400	10	5.76
1	500	10	4.62
2	300	10	6.12
2	400	10	5.56
2	500	10	4.31
3	300	10	5.98
3	400	10	5.36
3	500	10	4.25

**Fuente:** Elaboración propia

En la (Tabla 4) se observa las 9 masas de biochar y la masa de la materia prima que es constante de 10 g.

**Tabla 5** Rendimiento del biocarbón - replica I.

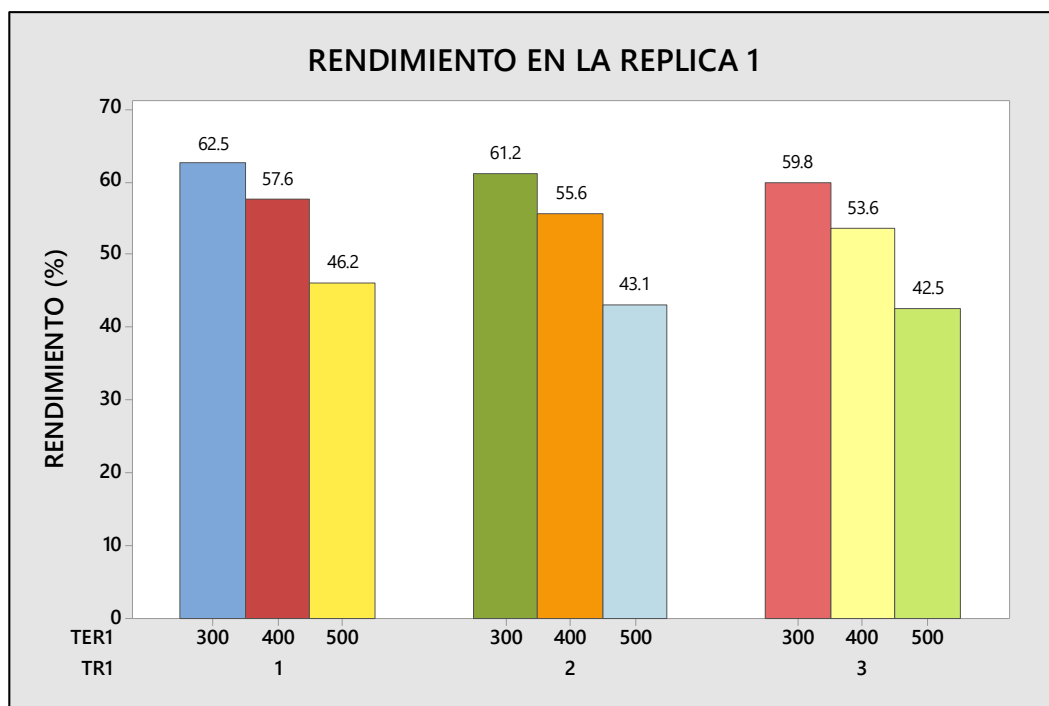
Tiempo (h)	Temperatura (°C)	Rendimiento (%)
1	300	62.5
1	400	57.6
1	500	46.2
2	300	61.2
2	400	55.6
2	500	43.1
3	300	59.8
3	400	53.6
3	500	42.5

**Fuente:** Elaboración propia

En la (Tabla 5) se muestra el rendimiento del biocarbón que se obtuvo a partir de la ecuación 1 planteada en la metodología capítulos anteriores. A una temperatura de 300 °C y un tiempo de 1 hora se puede ver que se

tiene el mejor porcentaje de rendimiento llegando a los 62.5 % y a una temperatura de 500 °C y un tiempo de 3 horas se puede ver que se tiene el mínimo porcentaje de rendimiento llegando a los 42.5 %.

En la (Figura 20) se muestra una gráfica de barras, en el cual se observa que el mayor rendimiento se da a un tiempo de 1 hora con una temperatura de 300 °C de 62.5 %.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 20.** Rendimiento en la réplica I.

## Replica II

**Tabla 6** Masas del biochar y materia prima – replica II

Tiempo (h)	Temperatura (°C)	Mmp (g)	Mbiochar (g)
1	300	10	6.2
1	400	10	5.61
1	500	10	4.57
2	300	10	6.06
2	400	10	5.33
2	500	10	4.29
3	300	10	5.82
3	400	10	5.23
3	500	10	4.18

Fuente: Elaboración propia.

En la (Tabla 6) se observa las 9 masas de biochar y la masa de la materia prima que es constante de 10 g.

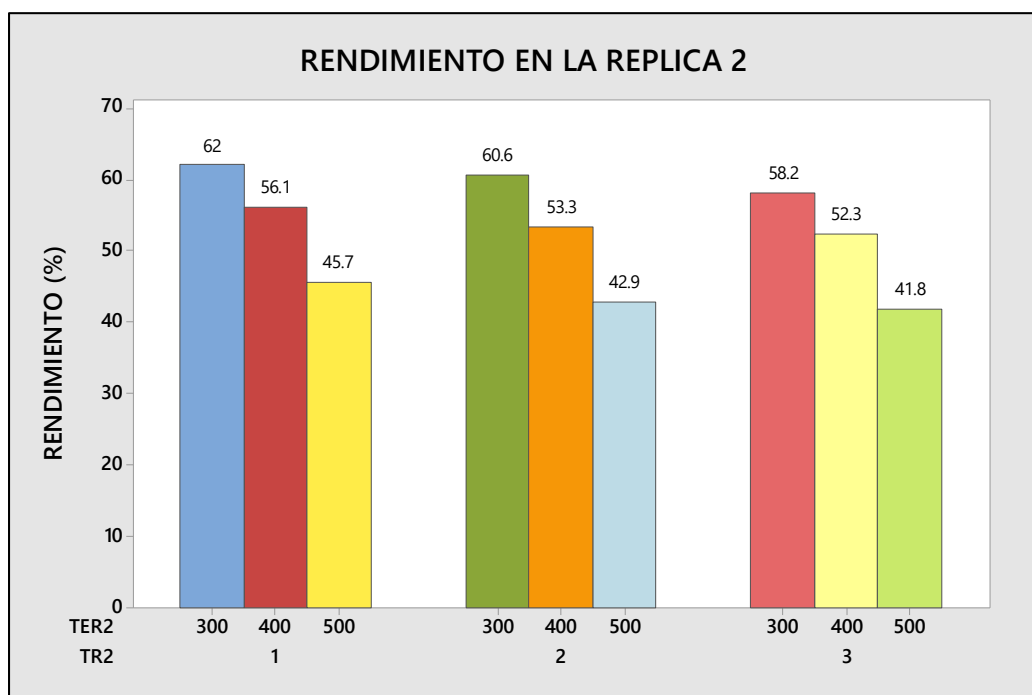
**Tabla 7** Rendimiento del biocarbón - replica II.

Tiempo	Temperatura	%R
1	300	62
1	400	56.1
1	500	45.7
2	300	60.6
2	400	53.3
2	500	42.9
3	300	58.2
3	400	52.3
3	500	41.8

**Fuente:** Elaboración propia

En la (Tabla 7) se muestra el rendimiento del biocarbón que se obtuvo a partir de la ecuación 1 planteada en la metodología capítulos anteriores. A una temperatura de 300 °C y un tiempo de 1 hora se puede ver que se tiene el mejor porcentaje de rendimiento llegando a los 62 % y a una temperatura de 500 °C y un tiempo de 3 horas se puede ver que se tiene el mínimo porcentaje de rendimiento llegando a los 41.8 %.

En la (Figura 21) se muestra una gráfica de barras, en el cual se observa que el mayor rendimiento se da a un tiempo de 1 hora con una temperatura de 300 °C de 62 %.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 21.** Rendimiento en la réplica II.

### Replica III

**Tabla 8** Masas del biochar y materia prima – replica III

Tiempo (h)	Temperatura (°C)	Mmp (g)	Mbiochar (g)
1	300	10	6.15
1	400	10	5.7
1	500	10	4.42
2	300	10	6.24
2	400	10	5.47
2	500	10	4.18
3	300	10	5.73
3	400	10	5.15
3	500	10	4.21

**Fuente:** Elaboración propia.

En la (Tabla 8) se observa las 9 masas de biochar y la masa de la materia prima que es constante de 10 g.

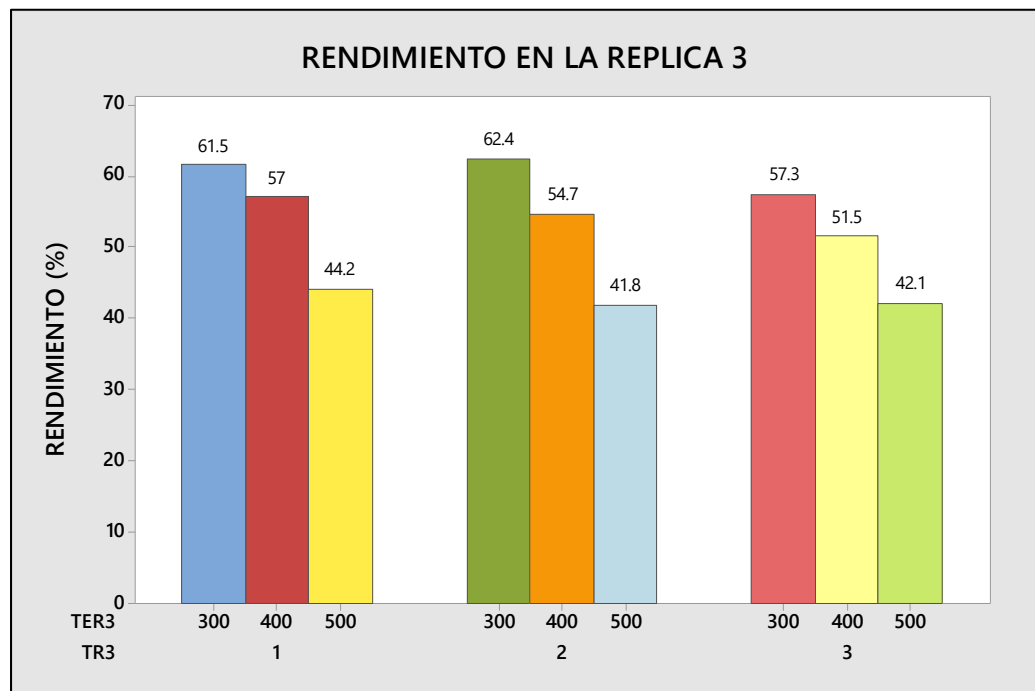
**Tabla 9** Rendimiento del biocarbón - replica III.

Tiempo (h)	Temperatura (°C)	Rendimiento (%)
1	300	61.5
1	400	57
1	500	44.2
2	300	62.4
2	400	54.7
2	500	41.8
3	300	57.3
3	400	51.5
3	500	42.1

**Fuente:** Elaboración propia.

En la (Tabla 9) se muestra el rendimiento del biocarbón que se obtuvo a partir de la ecuación 1 planteada en la metodología capítulos anteriores. A una temperatura de 300 °C y un tiempo de 1 hora se puede ver que se tiene el mejor porcentaje de rendimiento llegando a los 61.5 % y a una temperatura de 500 °C y un tiempo de 2 horas se puede ver que se tiene el mínimo porcentaje de rendimiento llegando a los 41.8 %.

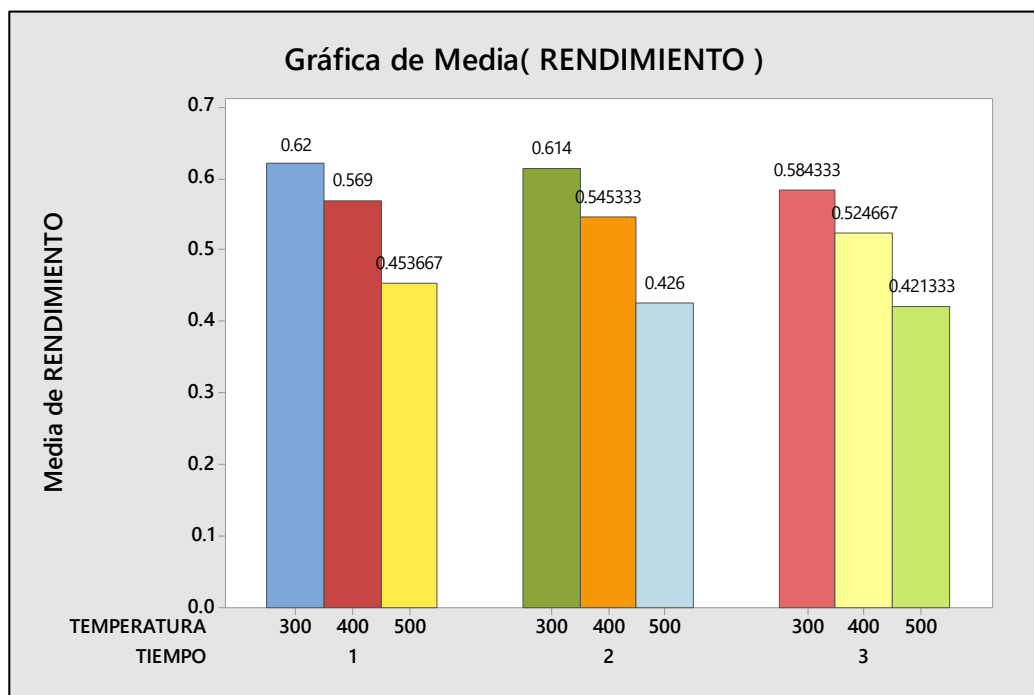
En la (Figura 22) se muestra una gráfica de barras, en el cual se observa que el mayor rendimiento se da a un tiempo de 1 hora con una temperatura de 300 °C de 61.5 %.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 22.** Rendimiento en la réplica III.

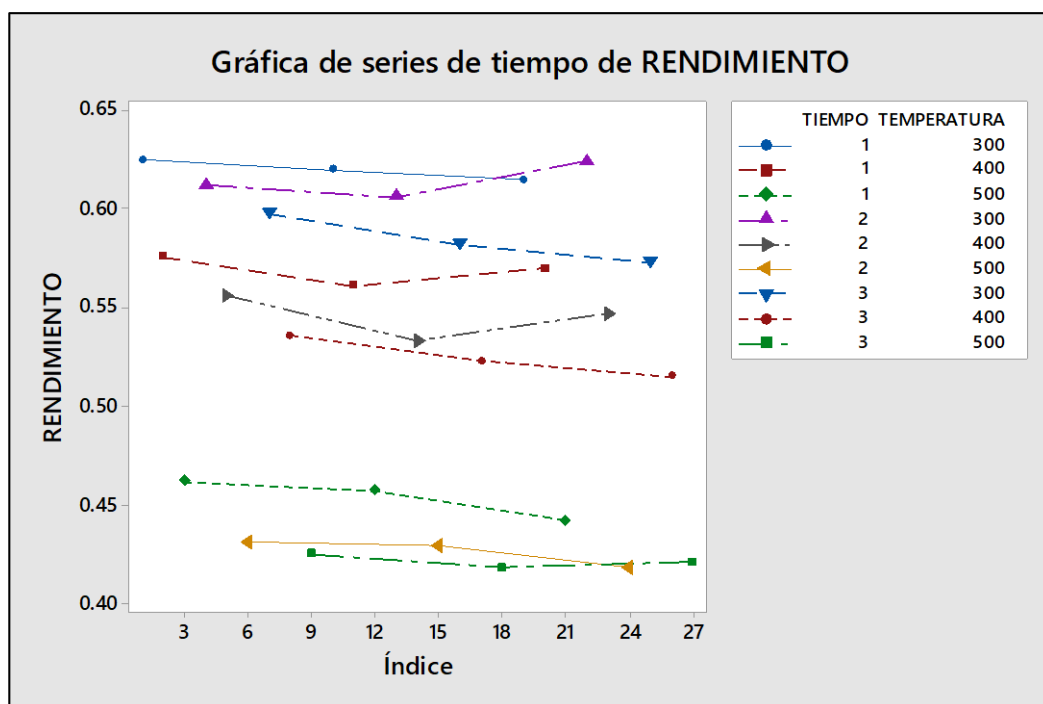
En la (Figura 23) se muestra una gráfica media de barras, en el cual se observa que el mayor rendimiento medio se da a un tiempo de 1 hora con una temperatura de 300 °C de 62 %. Y un rendimiento medio mínimo de 42.13 % a una temperatura de 500 °C y 3 horas de tiempo.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 23.** Media de los rendimientos de las 3 réplicas.

En la (Figura 24) se observa la gráfica de series de las tres réplicas y los 27 datos tratados.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 24.** Grafica de series.

### Porcentaje de carbono en el biocarbón

#### Replica I

**Tabla 10** Porcentaje de carbono - replica I

Tiempo (h)	Temperatura (°C)	Carbono (%)
1	300	41.57
1	400	56.11
1	500	59.33
2	300	57.09
2	400	62.31
2	500	66.98
3	300	69.15
3	400	71.23
3	500	72.07

Fuente: Elaboración propia.

En la (Tabla 10) se muestra el porcentaje de carbono del biocarbón que se obtuvo a partir de la ecuación 5 planteada en la metodología capítulos anteriores. A una temperatura de 500 °C y un tiempo de 3 horas se puede ver que se tiene el mejor porcentaje de rendimiento llegando a los 72.07 % y a una temperatura de 300 °C y un tiempo de 1 hora se puede ver que se tiene el mínimo porcentaje de rendimiento llegando a los 41.57 %.



## Replica II

**Tabla 11** Porcentaje de carbono - replica II

Tiempo (h)	Temperatura (°C)	Carbono (%)
1	300	41.49
1	400	56.16
1	500	59.30
2	300	57.12
2	400	62.23
2	500	66.91
3	300	69.31
3	400	71.35
3	500	72.22

**Fuente:** Elaboración propia.

En la (Tabla 11) se muestra el porcentaje de carbono del biocarbón que se obtuvo a partir de la ecuación 5 planteada en la metodología capítulos anteriores. A una temperatura de 500 °C y un tiempo de 3 horas se puede ver que se tiene el mejor porcentaje de rendimiento llegando a los 72.22 % y a una temperatura de 300 °C y un tiempo de 1 hora se puede ver que se tiene el mínimo porcentaje de rendimiento llegando a los 41.49 %.

## Replica III

**Tabla 12** Porcentaje de carbono - replica III

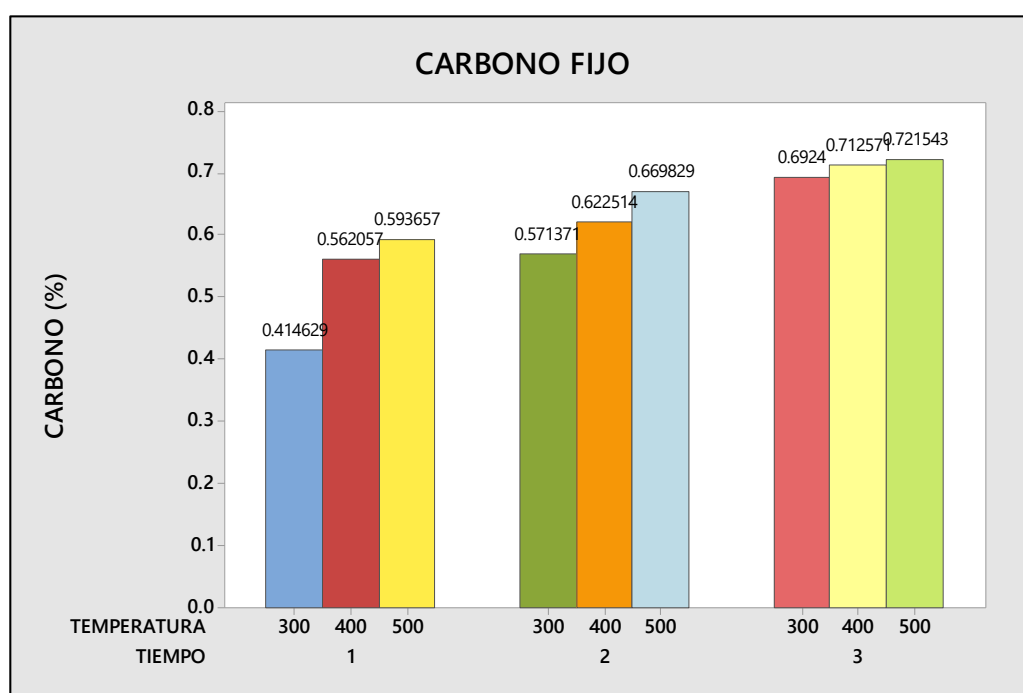
Tiempo (h)	Temperatura (°C)	Carbono (%)
1	300	41.33
1	400	56.35
1	500	59.47
2	300	57.21
2	400	62.21
2	500	67.06
3	300	69.26
3	400	71.19
3	500	72.17

**Fuente:** Elaboración propia.

En la (Tabla 12) se muestra el porcentaje de carbono del biocarbón que se obtuvo a partir de la ecuación 5 planteada en la metodología capítulos anteriores. A una temperatura de 500 °C y un tiempo de 3 horas se puede

ver que se tiene el mejor porcentaje de rendimiento llegando a los 72.17 % y a una temperatura de 300 °C y un tiempo de 1 hora se puede ver que se tiene el mínimo porcentaje de rendimiento llegando a los 41.33 %.

En la (Figura 25) se muestra una gráfica media de barras, en el cual se observa que el mayor porcentaje medio se da a un tiempo de 3 horas con una temperatura de 500 °C de 72.15 %. Y un rendimiento medio mínimo de 41.46 % a una temperatura de 300 °C y 1 hora de tiempo.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 25.** Media del porcentaje de carbono de las 3 réplicas.

### Eficiencia del biocarbón

Para obtener la eficiencia del biocarbón se trabajó con los mejores datos obtenidos del porcentaje de carbono que se encuentra en el biocarbón, se realizó la aplicación de dicho biocarbón a un suelo degradado cuyas características se analizaron en los laboratorios de la INIA, se muestran a continuación:

**Tabla 13** Características iniciales del suelo

caracterización del suelo					
7.07	3.15	5.98	162.00	0.00	0.07

	<b>M.O</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Al</b>	<b>N</b>
<b>pH</b>	(%)	(ppm)	(ppm)	(me/100 gr)	(%)

**Fuente:** Elaboración propia

En la (Tabla 13) se muestra las características iniciales del suelo el cual tiene un pH de 7.07, materia orgánica de 3.15 %, fósforo de 5.98 ppm, potasio de 162 ppm y nitrógeno de 0.07 %.

### **Eficiencia del biocarbón con el mejor rendimiento y porcentaje de carbono**

El mejor rendimiento fue de 62 % y con un porcentaje de carbono del 72 %, el porcentaje de carbono intermedio fue de 62.25 % y del rendimiento fue de 54.4 %, con estos biocarbones obtenidos se trabajó en la mejora de las características del suelo.

**Tabla 14** Tratamiento Intermedio de la eficiencia del biocarbón

<b>Tratamiento intermedio</b>					
7.12	13.5	8.57	168.00	0.00	0.43
	<b>M.O</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Al</b>	<b>N</b>
<b>pH</b>	(%)	(ppm)	(ppm)	(me/100 gr)	(%)

**Fuente:** Elaboración propia

En la (Tabla 14) se muestra la mejora de las características del suelo el cual tiene un incremento con respecto a sus características iniciales de pH de 7.12, materia orgánica de 13.5 %, fósforo de 8.57 ppm, potasio de 168 ppm y nitrógeno de 0.47 %.

**Tabla 15** Mejor tratamiento de la eficiencia del biocarbón.

<b>Mejor tratamiento</b>					
7.27	18.4	16.44	176.00	0.00	0.70
	<b>M.O</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Al</b>	<b>N</b>
<b>pH</b>	(%)	(ppm)	(ppm)	(me/100 gr)	(%)

**Fuente:** Elaboración propia

En la (Tabla 15) se muestra la mejora de las características del suelo el cual tiene un incremento con respecto a sus características iniciales de pH de 7.27, materia orgánica de 18.4 %, fósforo de 16.44 ppm, potasio de 176 ppm y nitrógeno de 0.70 %.

**Tabla 16** Eficiencia del biocarbón aplicado al suelo degradado.

	Características Iniciales	Tratamiento Intermedio	Eficiencia (%)	Mejor tratamiento	Eficiencia (%)
<b>pH</b>	7.07	7.12	0.70	7.27	2.75
<b>M.O</b>	3.15	13.5	76.67	18.4	82.88
<b>P</b>	5.98	8.57	30.22	16.44	63.63
<b>K</b>	162	168	3.57	176	7.95
<b>N</b>	0.07	0.43	83.72	0.7	90.00

**Fuente:** Elaboración propia

En la (Tabla 16) se observa las eficiencias del biocarbón aplicado al suelo degradado, donde se tuvo un 82.88 % de eficiencia para la materia orgánica, 63,63 para P, 90 % para N.

### Contrastación de las hipótesis

Para la contrastación de hipótesis se hizo uso de las (Tablas 5, 7 y 9) el cual es de los rendimientos del biocarbón y las (Tablas 10, 11 y 12) del porcentaje de carbono. Para ello se usó un análisis de varianza, un diseño factorial completo, diagrama de Pareto, graficas de interacción de variables y comparaciones en parejas de Tukey.

### Análisis de varianza para el rendimiento del biocarbón

#### Diseño factorial de múltiples niveles

##### Resumen del diseño

Factores:	2	Réplicas:	3
Corridas base:	9	Total de corridas:	27
Bloques base:	1	Total de bloques:	3

#### Regresión factorial general: RENDIMIENTO vs. Bloques, Información del factor

Factor	Niveles	Valores
--------	---------	---------

TIEMPO	3	1, 2, 3
TEMPERATURA	3	300, 400, 500

### Análisis de Varianza

**Tabla 17** Análisis de varianza para el rendimiento del biocarbón

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	10	0.145642	0.014564	280.78	0.000
Bloques	2	0.000655	0.000328	6.32	0.009
Lineal	4	0.144323	0.036081	695.59	0.000
TIEMPO	2	0.006310	0.003155	60.83	0.000
TEMPERATURA	2	0.138013	0.069006	1330.36	0.000
Interacciones de 2 términos	4	0.000663	0.000166	3.20	0.041
TIEMPO*TEMPERATURA	4	0.000663	0.000166	3.20	0.041
Error	16	0.000830	0.000052		
Total	26	0.146472			

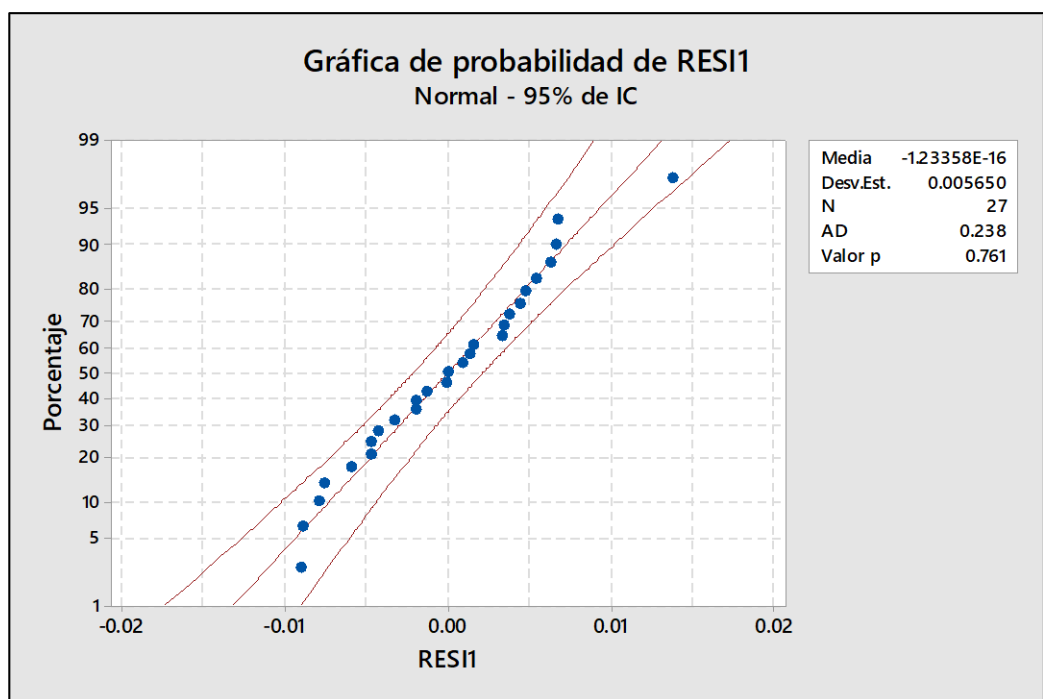
**Fuente:** Elaboración propia

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0072021	99.43%	99.08%	98.39%

### Probabilidad

En la (Figura 26) se tiene la probabilidad del rendimiento del biocarbón, donde nos da un valor de p igual a 0.761, lo cual nos indica que no se presentan datos atípicos y que existe una normalidad debido a que dicho valor es superior al valor de significancia que es igual a 0.05.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 26.** Probabilidad del rendimiento del biocarbón.

### Análisis de varianza para el porcentaje de carbono

#### Diseño factorial de múltiples niveles

##### Resumen del diseño

Factores:	2	Réplicas:	3
Corridas base:	9	Total de corridas:	27
Bloques base:	1	Total de bloques:	3

#### Regresión factorial general: %C vs. Bloques, TIEMPO, TEMPERATURA

##### Información del factor

Factor	Niveles	Valores
TIEMPO	3	1, 2, 3
TEMPERATURA	3	300, 400, 500

### Análisis de Varianza

**Tabla 18** Análisis de varianza para el carbono del biocarbón

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	10	0.225490	0.022549	27339.98	0.000
Bloques	2	0.000001	0.000000	0.58	0.574

Lineal	4	0.204684	0.051171	62043.23	0.000
TIEMPO	2	0.154819	0.077410	93856.84	0.000
TEMPERATURA	2	0.049864	0.024932	30229.62	0.000
Interacciones de 2 términos	4	0.020805	0.005201	6306.43	0.000
TIEMPO*TEMPERATURA	4	0.020805	0.005201	6306.43	0.000
Error	16	0.000013	0.000001		
Total	26	0.225503			

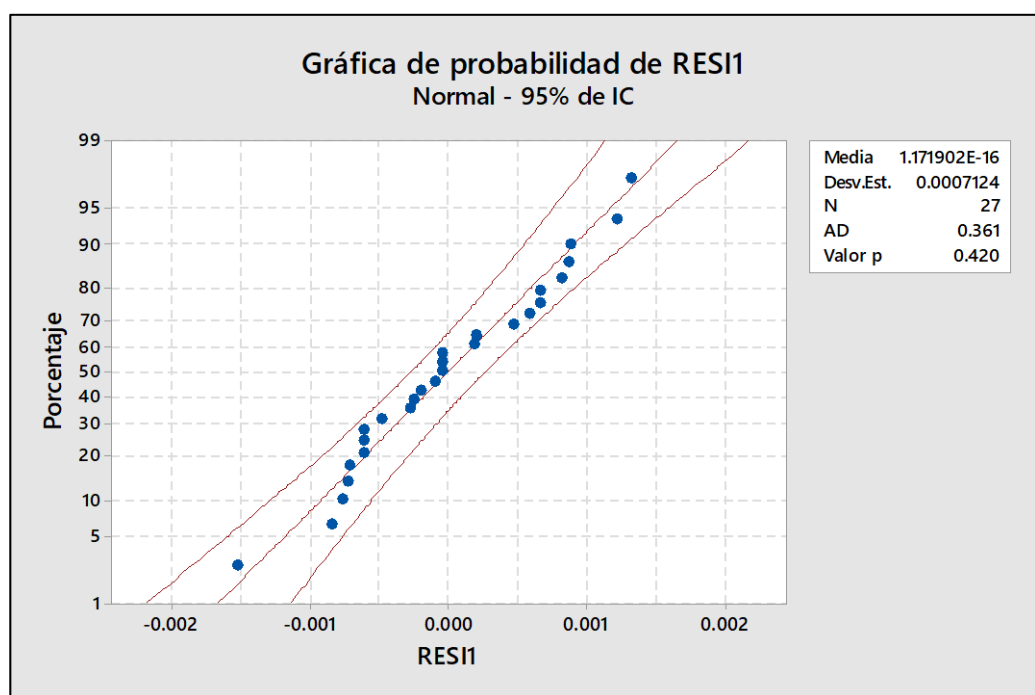
**Fuente:** Elaboración propia

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0009082	99.99%	99.99%	99.98%

### Probabilidad

En la (Figura 27) se tiene la probabilidad del porcentaje de carbono en el biocarbón, donde nos da un valor de p igual a 0.420, lo cual nos indica que no se presentan datos atípicos y que existe una normalidad debido a que dicho valor es superior al valor de significancia que es igual a 0.05.



**Fuente:** Elaboración propia

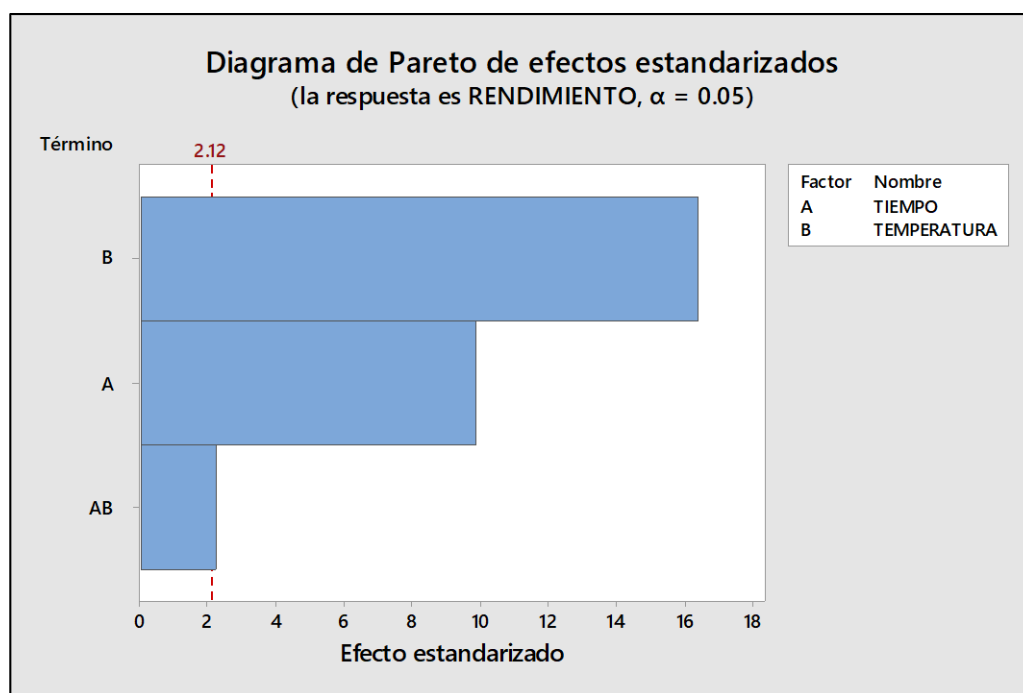
**Figura 27.** Probabilidad del porcentaje de carbono en el biocarbón.

### Hipótesis general

En la contrastación para la hipótesis general de: la eficiencia del biocarbón es mayor al 40 % obtenido a partir del purín por pirólisis, se utilizó el diagrama de Pareto, un diseño factorial completo y el análisis de varianza.

Teniendo en cuenta el análisis de varianza de la (Tabla 17), donde nos muestras la interacción de la variable tiempo de Pirólisis y temperatura un  $p$  – valor de 0.000. Dicho valor está por debajo del valor de significancia de 0.05, lo cual nos da a entender que se niega la hipótesis nula y afirmamos la hipótesis alterna, la cual acepta que la eficiencia del biocarbón es mayor al 40 % obtenido a partir del purín por pirólisis.

La (Figura 28) se observa el diagrama de Pareto del tiempo y temperatura de Pirólisis, los cuales son los efectos estandarizados, donde se muestra una influencia significativa en el rendimiento del biocarbón.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 28.** Diagrama de Pareto del rendimiento del biocarbón.

### Primera hipótesis específica

Para la contrastación de la primera hipótesis de las características del purín permiten obtener biocarbón por Pirólisis se utilizó los resultados del laboratorio lo cual se muestran en la tabla 3 dichos resultados dieron un



rendimiento del biocarbón del 62.5 % y un contenido de carbono de 72.15 %. Así también Meng, Wang y Liu (2013) trabajaron con características del purín de cerdo de un pH de 7.46, conductividad eléctrica de 3.04 mS/cm, humedad del 12.54 %, materia volátil de 58.18 %, nitrógeno de 2.51 %, con dichas características obtuvo un rendimiento del 70.06 %. Contrastando así que las características del purín permiten obtener biocarbón por Pirólisis.

### **Segunda hipótesis específica**

En la contrastación de la segunda hipótesis de la temperatura de pirólisis que permite obtener mayor porcentaje de biocarbón a partir del purín de porcino es de 300 °C. y el tiempo de pirólisis que permite obtener buena calidad en la elaboración de biocarbón a partir del purín de porcino es de 1 h, se utilizó las respuestas del análisis de varianza de la (Tabla 17) y una comparación por parejas de Tukey.

Teniendo en cuenta el análisis de varianza de la (Tabla 17), donde nos muestras la interacción de la variable tiempo de Pirólisis y temperatura un p – valor de 0.000. Dicho valor está por debajo del valor de significancia de 0.05, lo cual nos da a entender que se niega la hipótesis nula y afirmamos la hipótesis alterna, la cual acepta que la temperatura de pirólisis que permite obtener mayor porcentaje de biocarbón a partir del purín de porcino es de 300 °C. y el tiempo de pirólisis que permite obtener buena calidad en la elaboración de biocarbón a partir del purín de porcino es de 1 h.

### **Comparaciones en parejas de Tukey de la temperatura**

#### **Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

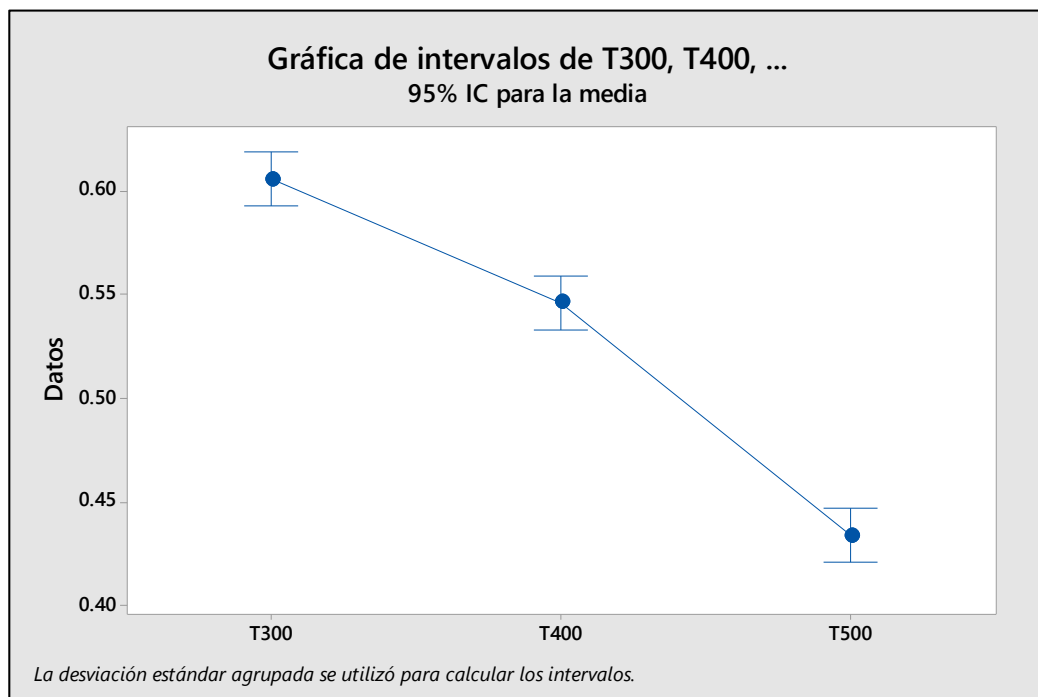
**Tabla 19** Mejor temperatura

Factor	N	Media	Agrupación
T300	9	0.60611	A
T400	9	0.54633	B
T500	9	0.43367	C

**Fuente:** Elaboración propia

En la (Tabla 19) se muestra la mejor temperatura para obtener un mejor rendimiento en el biocarbón a partir de purín de porcino, el cual nos dice que a una temperatura de 300 °C, se tiene un rendimiento de 60,61 %.

En la (Figura 29) se muestra la mejor temperatura para obtener un mejor rendimiento en el biocarbón a partir de purín de porcino, el cual nos dice que a una temperatura de 300 °C, se tiene un rendimiento de 60,61 % y el rendimiento mínimo se dio a una temperatura de 500 °C de 43.36 %.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 29.** Comparación de las diferentes temperaturas.

### Comparaciones en parejas de Tukey del tiempo

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

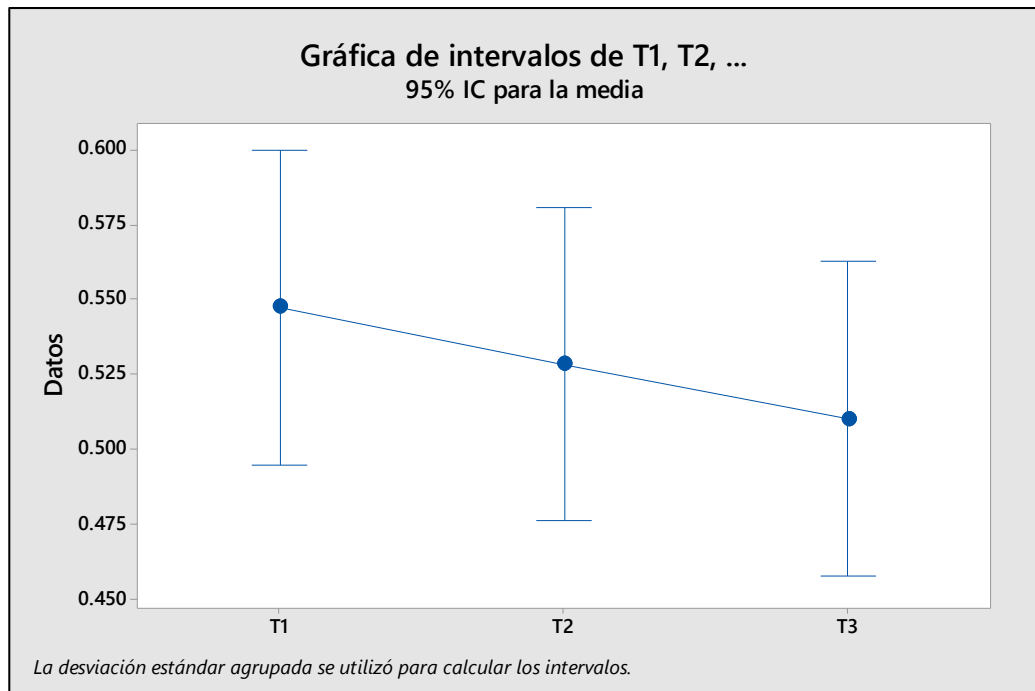
**Tabla 20** Mejor tiempo

Factor	N	Media	Agrupación
T1	9	0.5476	A
T2	9	0.5284	A
T3	9	0.5101	A

**Fuente:** Elaboración propia

En la (Tabla 20) se muestra el mejor tiempo para obtener un mejor rendimiento en el biocarbón a partir de purín de porcino, el cual nos dice que a un tiempo de 1 hora, se tiene un rendimiento de 54.76 %.

En la (Figura 30) se muestra el mejor tiempo para obtener un mejor rendimiento en el biocarbón a partir de purín de porcino, el cual nos dice que a un tiempo de 1 hora, se tiene un rendimiento de 54.76 % y el rendimiento mínimo se dio a un tiempo de 3 horas de 51.01 %.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 30.** Comparación de los diferentes tiempos.

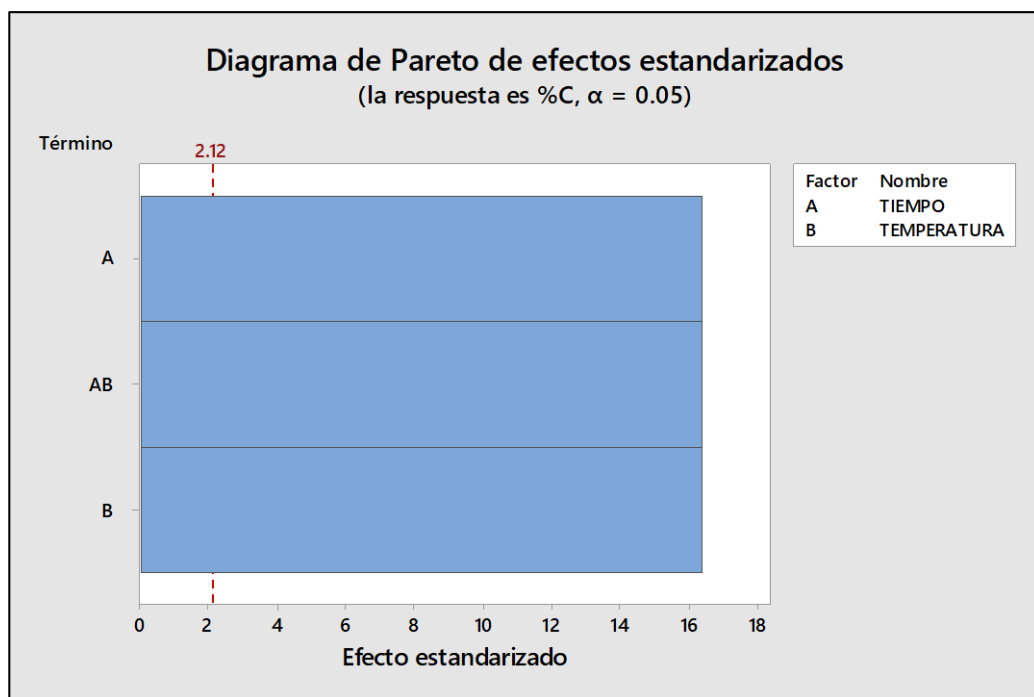
### Tercera hipótesis específica

En la contrastación para la tercera hipótesis general del porcentaje de carbono total que presenta el biocarbón elaborado a partir del purín de porcino es mayor al 70 %, se utilizó el diagrama de Pareto, un diseño factorial completo y el análisis de varianza.

Teniendo en cuenta el análisis de varianza de la tabla 18, donde nos muestras la interacción de la variable tiempo de Pirólisis y temperatura un  $p$  – valor de 0.000. Dicho valor está por debajo del valor de significancia de 0.05, lo cual nos da a entender que se niega la hipótesis nula y afirmamos la hipótesis alterna, la cual es que el porcentaje de carbono

total que presenta el biocarbón elaborado a partir del purín de porcino es mayor al 70 %.

La (Figura 31) se observa el diagrama de Pareto del tiempo y temperatura de Pirólisis, los cuales son los efectos estandarizados, donde se muestra una influencia significativa en el porcentaje de carbono presente en el biocarbón.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 31.** Diagrama de Pareto del porcentaje de carbono.

## V. DISCUSIÓN

Se trabajó con purín de porcino para la obtención de biocarbón por Pirólisis donde se evaluó la eficiencia del biocarbón a partir del mayor rendimiento que se dio a una temperatura de 300 °C y un tiempo de 1 hora llegando a los 62.5 % y el porcentaje de carbono de 72 % a una temperatura de 500 y 3 horas con estos biocarbones obtenidos se trabajó en la mejora de las características del suelo la cual tuvo una característica inicial de pH de 7.12, materia orgánica de 13.5 %, fósforo de 8.57 ppm, potasio de 168 ppm y nitrógeno de 0.47 %, al aplicar el biocarbón del mejor rendimiento y porcentaje de carbono se tuvo una eficiencia de un 82.88 % de eficiencia para la materia orgánica, 63.63 % para P, 90 % para N, 2.75 % para pH y 7.95 % para K. De la misma manera Wei et al. (2019) trabajo con estiércol de cerdo en un rango de temperatura de 300 °C – 700 °C, donde obtuvo un rendimiento del 63,0% como máximo y un 42,8% mínimo. Así también Zhao, Ta y Wang (2017) trabajo con biochar los cuales se pirolizaron de 300 °C a 500 °C, teniendo como rendimiento de biocarbón de 47,94 % máximo y un mínimo de 31,71 %. Por lo tanto Tsai et al. (2012) afirma que los biochar han tomado una consideración progresiva en estos años debido a sus propiedades relativas a la fertilidad del suelo y la inmovilización de contaminantes, además de servir como sumideros de carbono. Sánchez Reinoso, Ávila Pedraza y Restrepo Díaz (2019) afirma que la Pirólisis ayuda a la estabilización de la descomposición biológica y química del biocarbón, dicho producto tiende a ser más estable en los suelos por un tiempo mayor. La utilización del biocarbón ayuda a la mejora de los suelos en: sus propiedades fisicoquímicas y fertilidad, así como también en el comportamiento fisiológico de las plantas como: germinación, aglomeración de materia seca, rendimiento, fotosíntesis y la calidad, de la misma manera Santos et al. (2020) afirma que el uso de biomasa obtenida por pirólisis ha recibido una gran atención debido a sus características favorables para la mejor productividad del suelo con fines agrícolas, la remediación del suelo frente a varios tipos de contaminantes y un gran potencial de secuestro de

carbono. Concluyendo así que la Pirólisis ayuda a la estabilización de la descomposición biológica y química del biocarbón.

Las características del purín de porcino para nuestra investigación dieron como resultado un pH de 6.57, conductividad eléctrica de 6.62 dS/m y materia orgánica de 82.54 %, dando así un rendimiento del 62.5 %, estos parámetros también fueron obtenidos por otros autores como Meng, Wang y Liu (2013) trabajaron con características del purín de cerdo de un pH de 7.46, conductividad eléctrica de 3.04 mS/cm, humedad del 12.54 %, materia volátil de 58.18 %, nitrógeno de 2.51 % con dichas características obtuvo un rendimiento del 70.06 %. Dichas características iniciales del purín de porcino son propicias para la obtención de biocarbón ya que puede potencialmente usarse como enmienda del suelo para mejorar la calidad del suelo, o como adsorbente para la eliminación de iones metálicos de soluciones acuosas. Del mismo modo Gondek y Mierzwa Hersztek (2016) trabajo con características iniciales de estiércol de cerdo a un pH de 7.56, conductividad eléctrica de 20.3  $\mu$ S/cm, humedad del 17.8 %, nitrógeno de 3.14 %. El biocarbón puede ser un material que disminuye la biodisponibilidad de oligoelementos que son potencialmente tóxicos para las plantas. También indica que la aplicación de biocarbón al suelo puede tener un efecto sobre la translocación y difusión de oligoelementos (que depende de la porosidad del biocarbón y la presencia de grupos funcionales superficiales) en el suelo. Teniendo en cuenta las afirmaciones de los autores puedo concluir que las características iniciales del purín de porcino son las propicias en la obtención del biocarbón, ya que dicho biocarbón tiene un rendimiento superior a los 60 %. Como afirman Meng, Wang y Liu (2013) y Gondek y Mierzwa Hersztek (2016) los biocarbones obtenidos por ellos son beneficiosos para la mejora de la calidad del suelo o como adsorbentes.

Para la obtención del biocarbón a partir del purín de porcino se trabajó en función a las temperaturas de 300 °C, 400 °C y 500 °C y tiempos de Pirólisis de 1 hora, 2 horas y 3 horas. Donde el mayor rendimiento del biocarbón se dio a una temperatura de 300 °C y un tiempo de 1 hora llegando a los 62.5 % y a una temperatura de 500 °C y un tiempo de 3

horas se tuvo el mínimo porcentaje de rendimiento llegando a los 42.5 %. Observando así un descenso del rendimiento de acuerdo al aumento de la temperatura. El tiempo y temperatura de Pirólisis en la obtención de biocarbón también fue estudiado por diversos autores entre ellos: Meng, Wang y Liu (2013) donde trabajo con estiércol de cerdo a temperaturas de Pirólisis de 400 °C y 700 °C, donde el rendimiento de biocarbón se redujo al aumentar la temperatura de pirólisis y varió de 57,88 %  $\pm$  1.72 % a 70.66 %  $\pm$  1.56 % para los biocarbones a 400 ° C y 48.87 %  $\pm$  1.57 % a 61.61 %  $\pm$  1.47 % para los biocarbones a 700 ° C. Esta disminución en el rendimiento se debe principalmente al aumento de la pirólisis de algunos compuestos como la celulosa y la hemicelulosa y a la combustión de materiales orgánicos con una mayor temperatura de pirólisis. De la misma manera Wei et al. (2019) trabajo con estiércol de cerdo a temperaturas de 300 °C, 400 °C, 500 °C, 600 °C y 700 °C y con un tiempo de 2 horas, donde obtuvo un rendimiento del 63,0% como máximo a una temperatura de 300 °C y un 42,8% mínimo a una temperatura de 700 °C. Esta disminución en el rendimiento se debió principalmente a la pérdida de humedad y compuestos orgánicos volátiles en los biocarbones, así como la mayor destrucción de algunos compuestos como la hemicelulosa, celulosa y lignina a medida que aumenta la temperatura de pirólisis. Así también Zhao, Ta y Wang (2017) trabajo con biochar los cuales se pirolizaron a temperaturas de 300 °C, 400 °C, 500 °C y 600 °C con un tiempo de 2 horas y 10 minutos, cuando la temperatura de pirólisis aumentó de 300 °C a 500 °C, el rendimiento de biocarbón disminuyó drásticamente de 47,94 % a 31,71 % Mientras la temperatura de pirólisis aumentó aún más de 500 °C a 600 °C, el rendimiento de biocarbón solo disminuyó de 31,71 % a 28,48 %. Esto probablemente se debió a que la mayor parte del material lignocelulósico se descompuso en este rango de temperatura. De acuerdo a Novak et al. (2009) recuperó más biocarbón a las temperaturas de pirólisis más bajas debido a la mínima condensación de compuestos alifáticos y menores pérdidas de CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub> y CO. Por debajo de 350° C, la recuperación del rendimiento fue al menos del 50 %. El rendimiento se redujo a aproximadamente un 30 % a medida que la temperatura de pirólisis se incrementó hasta 500 °C o 700 °C debido a la

deshidratación de los grupos hidroxilo y la degradación térmica de las estructuras de lignocelulosa. Concluyendo como investigadora que a mayor temperatura menor es el rendimiento del biocarbón y a menor tiempo mayor es el rendimiento del biocarbón, por motivos de que al elevar la temperatura y el tiempo se da la deshidratación de los grupos hidroxilo y la degradación térmica de las estructuras de lignocelulosa, también se debe a que la mayor parte del material lignocelulósico se descompone a temperaturas elevadas y se da la disminución en el rendimiento debió principalmente a la pérdida de humedad y compuestos orgánicos volátiles en los biocarbones.

Para determinar el porcentaje de carbono obtenido a partir de purín de porcino por Pirólisis se trabajó en función a las temperaturas de 300 °C, 400 °C y 500 °C y tiempos de Pirólisis de 1 hora, 2 horas y 3 horas. Donde el mayor porcentaje de carbono se dio a una temperatura de 500 °C y un tiempo de 3 horas llegando a los 72.15 % y a una temperatura de 300 °C y un tiempo de 1 hora se tuvo el mínimo porcentaje de carbono llegando a los 41.46 %. Observando así que a mayor temperatura y tiempo de Pirólisis se obtiene mayor porcentaje de carbono, caso inverso lo que ocurre en el rendimiento del biocarbón. Así también Zhao, Ta y Wang (2017) trabajo con biochar los cuales se pirolizaron a temperaturas de 300 °C, 400 °C, 500 °C y 600 °C con un tiempo de 2 horas y 10 minutos, cuando la temperatura de pirólisis fue 300 °C el porcentaje de carbono fue de 33.60 % y cuando la temperatura fue de 600 °C el porcentaje de carbono fue de 73.50 %. Por ello Zhao, Ta y Wang (2017) afirma que esto podría deberse al hecho de que el aumento de temperatura resultó en una mayor ruptura de las fracciones volátiles en líquidos y gases de bajo peso molecular en lugar de biocarbón. Mientras tanto Novak et al. (2009), afirma que también se da la deshidratación de los grupos hidroxilo y la degradación térmica de la celulosa y la lignina también podrían ocurrir con el aumento de temperatura. Concluyendo, así como investigadora que el mayor porcentaje de carbono se da a elevadas temperaturas de Pirólisis debido a que el aumento de temperatura resulta en una mayor ruptura de las fracciones volátiles en líquidos y gases de bajo peso molecular en



lugar de biocarbón y también porque se da la deshidratación de los grupos hidroxilo y la degradación térmica de la celulosa y la lignina también podrían ocurrir con el aumento de temperatura.

## **VI. CONCLUSIONES**

1. Se evaluó la eficiencia del biocarbón a partir del mayor rendimiento que se dio a una temperatura de 300 °C y un tiempo de 1 hora llegando a los 62.5 % y el porcentaje de carbono de 72 % a una temperatura de 500 y 3 horas con estos biocarbones obtenidos se trabajó en la mejora de las características del suelo la cual tuvo una característica inicial de pH de 7.12, materia orgánica de 13.5 %, fósforo de 8.57 ppm, potasio de 168 ppm y nitrógeno de 0.47 %, al aplicar el biocarbón del mejor rendimiento y porcentaje de carbono se tuvo una eficiencia de un 82.88 % de eficiencia para la materia orgánica, 63.63 % para P, 90 % para N, 2.75 % para pH y 7.95 % para K. Concluyendo así que la Pirólisis ayuda a la estabilización de la descomposición biológica y química del biocarbón.
2. Se caracterizó el purín de porcino para la obtención del biocarbón por Pirólisis donde se tuvo los parámetros de pH de 6.57, conductividad eléctrica de 6.62 dS/m, materia orgánica de 82.54 %,  $P_2O_5$  de 6.12 %,  $K_2O$  de 1.67 %,  $CaO$  de 4.05 %, N de 2.33 %  $MgO$  de 1.99 % y Na de 0.28 %. Concluyendo que las características iniciales del purín de porcino son las propicias en la obtención del biocarbón, ya que dicho biocarbón tiene un rendimiento superior a los 60 %.
3. Se determinó la temperatura y tiempo adecuado para la obtención del biocarbón a partir de purín de porcino, se trabajó en función a las temperaturas de 300 °C, 400 °C y 500 °C y tiempos de pirólisis de 1 hora, 2 horas y 3 horas. Donde el mayor rendimiento del biocarbón se dio a una temperatura de 300 °C y un tiempo de 1 hora llegando a los 62.5 % y a una temperatura de 500 °C y un tiempo de 3 horas se tuvo el mínimo porcentaje de rendimiento llegando a los 42.5 %. Concluyendo como investigadora que a mayor temperatura menor es el rendimiento del biocarbón y a menor tiempo mayor es el rendimiento del biocarbón, por motivos de que al elevar la temperatura y el tiempo se da la deshidratación de los grupos hidroxilo.
4. Se determinó el porcentaje de carbono obtenido a partir de purín de porcino por pirólisis se trabajó en función a las temperaturas de 300 °C, 400 °C y 500 °C y tiempos de pirólisis de 1 hora, 2 horas y 3 horas.

Donde el mayor porcentaje de carbono se dio a una temperatura de 500 °C y un tiempo de 3 horas llegando a los 72.15 % y a una temperatura de 300 °C y un tiempo de 1 hora se tuvo el mínimo porcentaje de carbono llegando a los 41.46 %. Concluyendo, así como investigadora que el mayor porcentaje de carbono se da a elevadas temperaturas de pirólisis debido a que el aumento de temperatura resulta en una mayor ruptura de las fracciones volátiles en líquidos y gases de bajo peso molecular en lugar de biocarbón.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Estudiar la variación de los espectros FTIR (Análisis infrarrojo por transformada de Fourier) que tiene en el biocarbón a diferentes temperaturas.

Estudiar el efecto de la temperatura en la porosidad y tamaño de partícula del biocarbón, para poder analizar la eficiencia que tiene como adsorbente de metales.

Estudiar la variación de los intercambios catiónicos y del pH en función de la temperatura, por motivo que los biocarbones se encuentra con un pH alcalino y al aumento de temperatura el pH se incrementa y esto puede causar variaciones en la mejora de propiedades del suelo.

Realizar un estudio sobre las implicaciones para la gestión ambiental y agronómica del biocarbón ya que es un producto rico en carbono y su adición al suelo se ha propuesto como un método eficaz para el secuestro de C.

Analizar la estabilidad del biocarbón con las variaciones de la temperatura, ya que la eficiencia final de secuestro de C del biocarbón depende principalmente de su estabilidad, que se ve afectada principalmente por las condiciones de producción, incluida la temperatura de pirólisis.

## REFERENCIAS

- AL-WABEL, M.I., AL-OMRAN, A., EL-NAGGAR, A.H., NADEEM, M. y USMAN, A.R.A., Pyrolysis temperature induced changes in characteristics and chemical composition of biochar produced from conocarpus wastes. *Bioresource Technology* [en línea], 2013. vol. 131, pp. 374-379. ISSN 18732976. DOI 10.1016/j.biortech.2012.12.165. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2012.12.165>.
- BERA, T., PATRA, T.J.P.A.K. y DATTA, S.C., Comparative analysis of physicochemical , nutrient , and spectral properties of agricultural residue biochars as influenced by pyrolysis temperatures. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 2017. ISSN 1611-8227. DOI 10.1007/s10163-017-0675-4.
- BRASSARD, P., GODBOUT, S., RAGHAVAN, V., PALACIOS, J.H., GRENIER, M. y ZEGAN, D., The production of engineered biochars in a vertical auger pyrolysis reactor for carbon sequestration. *Energies*, 2017. vol. 10, no. 3, pp. 1-15. ISSN 19961073. DOI 10.3390/en10030288.
- BROWN, T.R., WRIGHT, M.M. y BROWN, R.C., Estimating profit ability of two biochar production scenarios : slow pyrolysis vs fast pyrolysis. , 2011. no. Table 1, pp. 54-68. DOI 10.1002/bbb.
- CANTRELL, K.B., HUNT, P.G., UCHIMIYA, M., NOVAK, J.M. y RO, K.S., Impact of pyrolysis temperature and manure source on physicochemical characteristics of biochar. *Bioresource Technology* [en línea], 2012. vol. 107, pp. 419-428. ISSN 09608524. DOI 10.1016/j.biortech.2011.11.084. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2011.11.084>.
- DEMIRBAS, A., Energy Sources , Part A: Recovery , Utilization , and Environmental Effects Production and Characterization of Bio-Chars from Biomass via Pyrolysis Production and Characterization of Bio-Chars from Biomass via Pyrolysis. , 2006. no. September 2014, pp. 37-41. DOI 10.1080/009083190927895.
- DO, P.T.M., UEDA, T., KOSE, R., NGUYEN, L.X., OKAYAMA, T. y MIYANISHI, T., Properties and potential use of biochars from residues of

- two rice varieties , Japanese Koshihikari and Vietnamese IR50404. *Journal of Material Cycles and Waste Management* [en línea], 2018. vol. 0, no. 0, pp. 0. ISSN 1611-8227. DOI 10.1007/s10163-018-0768-8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s10163-018-0768-8>.
- ESCALANTE REBOLLEDO, A., PÉREZ LÓPEZ, G., HIDALGO MORENO, C. y LÓPEZ COLLADO, J., Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo Biocarbon (biochar). *Terra Latinoamericana* [en línea], 2016. vol. 34, pp. 367-382. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n3/2395-8030-tl-34-03-00367.pdf>.
- ESPEJO MARÍN, C. y GARCÍA MARÍN, R., Tratamiento de purines de ganado porcino en España para minimizar la contaminación de suelos y su impacto ambiental. *Avances en estudios sobre desertificación: aportaciones al Congreso Internacional sobre Desertificación en memoria del profesor John B. Thornes*, 2010. no. February 2015, pp. 673-676.
- FIALLOS ORTEGA, L.R., FLORES MANCHENO, L.G., DUCHI DUCHI, N., FLORES MANCHENO, C.I., BAÑO AYALA, D. y ESTRADA OROZCO, L., Restauración ecológica del suelo aplicando biochar (carbón vegetal), y su efecto en la producción de *Medicago sativa*. *Ciencia Y Agricultura*, 2015. vol. 12, no. 2, pp. 13. ISSN 0122-8420. DOI 10.19053/01228420.4349.
- GONDEK, K. y MIERZWA HERSZTEK, M., Effect of thermal conversion of pig manure and poultry litter on the content and mobility of Mn and Fe in biochars and in soil after their application. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 2016. vol. 76, no. 3, pp. 349-355. ISSN 07185839. DOI 10.4067/S0718-58392016000300013.
- GONDEK, K. y MIERZWA, M., Effect of low-temperature biochar derived from pig manure and poultry litter on mobile and organic matter-bound forms of Cu, Cd, Pb and Zn in sandy soil. *Soil Use and Management*, 2016. vol. 32, no. 3, pp. 357-367. ISSN 14752743. DOI 10.1111/sum.12285.
- GURAN, S., *Sustainable Waste-to-Energy Technologies: Gasification and Pyrolysis* [en línea]. 2018. S.I.: Elsevier Inc. ISBN 9780128111574.

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-811157-4.00008-5>.

HERNANDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C; BAPTISTA, M. Metodología de la investigación. MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. [en línea]. 6.ª ed. México, ISBN: 978-1-4562-2396-0. 2014. 600 pp. [fecha de consulta: 16 de noviembre de 2020]. Disponible en <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

JAHIRUL, M.I., RASUL, M.G., CHOWDHURY, A.A. y ASHWATH, N., Biofuels production through biomass pyrolysis- A technological review. *Energies*, 2012. vol. 5, no. 12, pp. 4952-5001. ISSN 19961073. DOI 10.3390/en5124952.

KINNEY, T.J., MASIELLO, C.A., DUGAN, B., HOCKADAY, W.C., DEAN, M.R., ZYGOURAKIS, K. y BARNES, R.T., Hydrologic properties of biochars produced at different temperatures. *Biomass and Bioenergy* [en línea], 2012. vol. 41, pp. 34-43. ISSN 0961-9534. DOI 10.1016/j.biombioe.2012.01.033. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.01.033>.

LAL, R., Carbon sequestration. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2008. vol. 363, no. 1492, pp. 815-830. ISSN 09628452. DOI 10.1098/rstb.2007.2185.

MAGGEN, J., CARLEER, R. y YPERMAN, J., Biochar Derived from the Dry, Solid Fraction of Pig Manure as Potential Fertilizer for Poor and Contaminated Soils. *Sustainable Agriculture Research*, 2017. vol. 6, no. 2, pp. 167. ISSN 1927-050X. DOI 10.5539/sar.v6n2p167.

MAKARA, A. y KOWALSKI, Z., Pig manure treatment and purification by filtration. *Journal of Environmental Management*, 2015. vol. 161, pp. 317-324. ISSN 10958630. DOI 10.1016/j.jenvman.2015.07.022.

MARTÍNEZ C., M.J., ESPAÑA A., J.C. y DÍAZ V., J. de J., Efecto de la adición de biocarbonizados de *Eucalyptus globulus* en la disponibilidad de fósforo en suelos ácidos. *Agronomía Colombiana*, 2017. vol. 35, no. 1, pp. 75-81. ISSN 01209965. DOI 10.15446/agron.colomb.v35n1.58671.

MAURER, D.L., KOZIEL, J.A., KALUS, K., ANDERSEN, D.S. y OPALINSKI,

- S., Pilot-scale testing of non-activated biochar for swine manure treatment and mitigation of ammonia, hydrogen sulfide, odorous volatile organic compounds (VOCs), and greenhouse gas emissions. *Sustainability (Switzerland)*, 2017. vol. 9, no. 6. ISSN 20711050. DOI 10.3390/su9060929.
- MENG, J., WANG, L. y LIU, X., Physicochemical properties of biochar produced from aerobically composted swine manure and its potential use as an environmental amendment. *Bioresource Technology* [en línea], 2013. vol. 142, pp. 641-646. ISSN 18732976. DOI 10.1016/j.biortech.2013.05.086. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2013.05.086>.
- MINAM, Decreto supremo que aprueba el protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire. , 2019.
- MORENO AYALA, L.A., Calidad de abonos orgánicos a partir del estiércol porcino y su efecto en el rendimiento del maíz chala. , 2017. pp. 100.
- MORENO BARRIGA, F., DÍAZ VICENTE, J. y ACOSTA MÉNDEZ, F., Influencia de la temperatura y del tiempo de pirólisis en la hidrofobicidad de biocarbón obtenido a partir de purín porcino. *Anuario de Jóvenes Investigadores*, 2015. vol. 8, no. 8, pp. 18-20. ISSN 2386-3676.
- NOVAK, Jeffrey M., LIMA, Isabel, GASKIN, Julia W., STEINER, Christoph, DAS, K.C., AHMEDNA, Mohamed, WATTS, Donald W., WARREN, J. y SCHOMBERG, Harry, Characterization of Designer Biochar Produced at Different Temperatures and Their Effects on a Loamy Sand  
CHARACTERIZATION OF DESIGNER BIOCHAR PRODUCED AT DIFFERENT TEMPERATURES AND THEIR EFFECTS ON A LOAMY SAND. , no. May 2014. 2009.
- PANEZ, L., 2017. *Aplicación de Biochar de Restros Vegetales para la Inhibición de la Biodisponibilidad de Cadmio (Cd) en Suelos Contaminados -2017*. S.l.: Universidad Cesar Vallejo.
- PORTER, M., Estrategia Regional de cambio climático de Junín. , 2010. pp. 2-3.



- PROVOLO, G., MANULI, G., FINZI, A., LUCCHINI, G., RIVA, E. y SACCHI, G.A., Effect of pig and cattle slurry application on heavy metal composition of maize grown on different soils. *Sustainability (Switzerland)*, 2018. vol. 10, no. 8. ISSN 20711050. DOI 10.3390/su10082684.
- REMIGIO, S., 2018. *Uso del biochar de excretas porcina y avícola en la reducción de cadmio en suelo agrícola contaminado, Huaral, 2018*. S.l.: Universidad Cesar Vallejo.
- SALETNIK, B., ZAGULA, G., BAJCAR, M., TARAPATSKYY, M., BOBULA, G. y PUCHALSKI, C., Biochar as a multifunctional component of the environment-a review. *Applied Sciences (Switzerland)*, 2019. vol. 9, no. 6. ISSN 20763417. DOI 10.3390/app9061139.
- SÁNCHEZ REINOSO, A.D., ÁVILA PEDRAZA, E.Á. y RESTREPO DÍAZ, H., Acta Biológica Colombiana. *Use of Biochar in Agriculture* [en línea], 2019. vol. 25, no. 2. ISSN 1900-1649. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/79466>.
- SANTOS, L.E.R., MEILI, L., SOLETTI, J.I., CARVALHO, S.H.V. De y RIBEIRO, L.M.O., Impact of temperature on vacuum pyrolysis of Syagrus coronata for biochar production. *Journal of Material Cycles and Waste Management* [en línea], 2020. no. 0123456789. ISSN 1611-8227. DOI 10.1007/s10163-020-00978-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10163-020-00978-8>.
- TSAI, W.T., LIU, S.C., CHEN, H.R., CHANG, Y.M. y TSAI, Y.L., Textural and chemical properties of swine-manure-derived biochar pertinent to its potential use as a soil amendment. *Chemosphere* [en línea], 2012. vol. 89, no. 2, pp. 198-203. ISSN 18791298. DOI 10.1016/j.chemosphere.2012.05.085. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.05.085>.
- VARNERO, M.T., MUÑOZ, S. y ZÚÑIGA, R., Valorización agrícola de purines porcinos procesados con aserrín de pino. *Informacion Tecnologica*, 2009. vol. 20, no. 6, pp. 85-92. ISSN 07180764. DOI 10.1612/inf.tecnol.4125it.08.

- WANG, Y., ZHONG, B., SHAFI, M., MA, J., GUO, J., WU, J., YE, Z., LIU, D. y JIN, H., Effects of biochar on growth, and heavy metals accumulation of Moso bamboo (*Phyllostachy pubescens*), soil physical properties, and heavy metals solubility in soil. *Chemosphere*, 2018. ISSN 0045-6535. DOI 10.1016/j.chemosphere.2018.11.159.
- WEI, S., ZHU, M., FAN, X. y SONG, J., Influence of pyrolysis temperature and feedstock on carbon fractions of biochar produced from pyrolysis of rice straw, pine wood, pig manure and sewage sludge. *Chemosphere* [en línea], 2019. vol. 218, pp. 624-631. ISSN 18791298. DOI 10.1016/j.chemosphere.2018.11.177. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.11.177>.
- WHARRAD, H. y SILCOCKS, P., Experimental Design Authors Heather Wharrad With revisions by The NIHR Research Design Service for Yorkshire & the Humber. [en línea], 2009. pp. 31-32. Disponible en: [www.rds-yh.nihr.ac.uk](http://www.rds-yh.nihr.ac.uk).
- ZHAO, S.X., TA, N. y WANG, X.D., Effect of temperature on the structural and physicochemical properties of biochar with apple tree branches as feedstock material. *Energies*, 2017. vol. 10, no. 9. ISSN 19961073. DOI 10.3390/en10091293.

## ANEXOS

### Anexo N° 1. Declaración de originalidad de autores

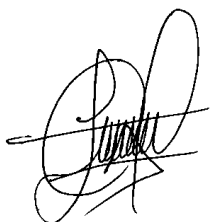
#### Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, Alvarez Ticllasuca, Joaquin y Gonzales Paucar, Zaida, egresados de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo sede Lima norte, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulada: “Eficiencia del Biocarbón a Partir del Purín de Porcino por Pirolisis”, es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de parafraseo proveniente de otras fuentes.
3. El trabajo de investigación no ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los resultados presentados en el presente trabajo de investigación son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima 25 de enero, 2021



---

Alvarez Ticllasuca, Joaquin

D.N.I.71458849

ORCID: 0000-0001-9662-3891



---

Gonzales Paucar, Zaida

D.N.I.7145849564

ORCID: 0000-0002-3291-9543

## **Anexo N° 2. Declaración de Autenticidad del Asesor**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, Ordoñez Galvez, Juan Julio, docente de la facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo sede Lima norte, revisor del trabajo de Tesis titulada “Eficiencia del Biocarbón a Partir del Purín de Porcino por Pirólisis”, de la estudiante Gonzales Paucar, Zaida, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 9 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyó que cada uno de las coincidencias detectadas no constituye plagio. A mi leal saber y entender el trabajo de tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima 25 de febrero ,2021

Atentamente,  
  
Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308

---

Ordoñez Galvez, Juan Julio

### Anexo N° 3. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENCIÓN	INDICADORES		ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE						
Purín de porcino	Elnour et al.(2019),define el purín de porcino como residuos orgánicos fermentados o capaces de fermentar que se generan en las granjas y que provocan un gran impacto ambiental, están formados por dos fases: una líquida y otra sólida.	La muestra se obtuvo del criadero aguas de las virgenes del Tambo, para la preparación se utilizó la guía metodológica realizada por Moreno Barriga et al,(2015).Una vez llevados al laboratorio se secaron a 60 °C durante 24 h, luego se trituro y finalmente pasara por un tamiz menor a 4 mm.	Características físicas y químicas del purín de porcino	Peso		g
				Densidad		g/cm3
				Temperatura		°C
				pH		
				Conductividad Eléctrica		dS/m
				Materia Orgánica		%
			Dosis de purín	Dosis = 10	g	
VARIABLE DEPENDIENTE						
Biocarbón	Sánchez Reinoso et al. (2019), define como el biocarbón como un producto rico en carbono obtenido por pirólisis de biomasa generalmente de origen vegetal.	Para determinar la temperatura y tiempo de pirólisis se utilizó la metodología realizada por Moreno Barriga et al (2015). Se pirolizará en un	Temperatura y tiempo de pirólisis	Tiempo	Tiempo 1= 1	h
					Tiempo 2= 2	

		horno-mufla a temperaturas de 300 °C, 400 °C y 500 °C. Los tiempos de pirólisis son de 1 h, 2 h y 3 después de cada ciclo de pirólisis el horno-mufla se dejó enfriar a temperatura ambiente y para analizarlos se almacenó en bolsas herméticas rotuladas. En total se obtuvo 27 biocarbones en función del tiempo y la temperatura de pirólisis, los cuales se molieron para realizarles el análisis del carbono total que presentan esto se determinó en el laboratorio nacional del centro del Perú, mediante el análisis volumétrico.			Tiempo 3= 3	
				Temperatura	Temperatura 1= 300	°C
					Temperatura 2= 400	
					Temperatura 3= 500	
			Concentración de Biocarbón	Porcentaje		%

Atentamente,  
  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 06447308

  
 Dr. HORACIO ARISTA S.  
 CIP N° 25450

  
 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

  
 Henry R. Ochoa León  
 INGENIERO QUÍMICO  
 CIP N° 124232

#### Anexo N° 4. Instrumentos de recolección de datos



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA 1:FORMATO DE CAMPO	
TÍTULO	Eficiencia del Biocarbón a Partir del Purín de Porcino por Pirólisis
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Tratamiento y Gestión de Residuos
FACULTAD	Ingeniería Ambiental y Arquitectura
REALIZADOS POR	Alvarez Ticllasuca, Joaquin (Orcid: 0000-0001-9662-3891) Gonzales Paucar, Zaida (Orcid: 0000-0002-3291-9543)
ASESOR	Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio (Orcid: 0000-0002-3419-7361)

UBICACIÓN	
DIRECCIÓN	Aguas de las vírgenes, malecón Bastidas
DISTRITO	El Tambo
PROVINCIA	Huancayo
DEPARTAMENTO	Junín
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	18 L 0474442 – 8666250 UTM

OBSERVACIONES	El lugar de la toma de muestra no es asfaltado, alrededor hay granjas de porcinos y algunas viviendas.
---------------	--

Atentamente,  
  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447308

  
 Dr. HORACIO ACOSTA  
 CIP N° 25450

  
 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

  
 Henry R. Uchoa León  
 INGENIERO QUÍMICO  
 CIP N° 124232



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FICHA 2: DATOS DE TOMA DE MUESTRA

TÍTULO	Eficiencia del Biocarbón a Partir del Purín de Porcino por Pirólisis		
LINEA DE INVESTIGACIÓN	Tratamiento y Gestión de Residuos		
FACULTAD	Ingeniería Ambiental y Arquitectura		
REALIZADOS POR	Alvarez Ticllasuca, Joaquin (Orcid: 0000-0001-9662-3891) Gonzales Paucar, Zaida (Orcid: 0000-0002-3291-9543)		
ASESOR	Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio (Orcid: 0000-0002-3419-7361)		
LUGAR	Aguas de las vírgenes, malecón Bastidas-Tambo		
FECHA	08/01/2021	HORA	9:20 am

## CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

INDICADORES	N(Nitrógeno)	Peso	Temperatura	pH	Conductividad Eléctrica	Materia Orgánica
UNIDAD DE MEDIDA	%	g	°C		dS/m	%
CÓDIGO	2.33	10	16 °C	6.57	6.62	82.54

### OBSERVACIONES

Al momento de tomar las muestras el tiempo estaba nublado y había llovido.

Atentamente,  
  
Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308

Dr. HORACIO ARISTAS  
CIP N° 25450

Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olvera  
DOCENTE E INVESTIGADOR  
CIP: 130267  
RENACYT: P0078275

Henry R. Ochoa León  
INGENIERO QUÍMICO  
CIP N° 124232





# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FICHA 3: CONTROL DEL PROCESO EN LA OBTENCIÓN DEL BIOCARBÓN

TÍTULO	Eficiencia del Biocarbón a Partir del Purín de Porcino por Pirólisis
LINEA DE INVESTIGACIÓN	Tratamiento y Gestión de Residuos
FACULTAD	Ingeniería Ambiental y Arquitectura
REALIZADOS POR	Alvarez Ticllasuca, Joaquin (Orcid: 0000-0001-9662-3891) Gonzales Paucar, Zaida (Orcid: 0000-0002-3291-9543)
ASESOR	Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio (Orcid: 0000-0002-3419-7361)

## VARIABLES A CONTROLAR EN EL PROCESO DE PIRÓLISIS

PARAMETROS	Temperatura	Tiempo	Dosis
	°C	h	g
	300	1	10
	400	2	
	500	3	

## OBSERVACIONES

Después de cada ensayo de pirólisis se dejó enfriar la mufla por un tiempo de 30 minutos a temperaturas ambiente

Atentamente,  
  
Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308

Dr. HORACIO ACOSTA  
CIP N° 25450

Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera  
DOCENTE E INVESTIGADOR  
CIP: 130267  
RENACYT: P0078275

Henry R. Ochoa León  
INGENIERO QUÍMICO  
CIP N° 124232



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FICHA 4: OBTENCIÓN DEL BIOCARBÓN

TÍTULO	Eficiencia del Biocarbón a Partir del Purín de Porcino por Pirólisis
LINEA DE INVESTIGACIÓN	Tratamiento y Gestión de Residuos
FACULTAD	Ingeniería Ambiental y Arquitectura
REALIZADOS POR	Alvarez Ticllasuca, Joaquin (Orcid: 0000-0001-9662-3891) Gonzales Paucar, Zaida (Orcid: 0000-0002-3291-9543)
ASESOR	Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio (Orcid: 0000-0002-3419-7361)

## RESULTADOS DE LA OBTENCIÓN DE BIOCARBÓN

TEMPERATURA °C	TIEMPO (h)		
	1	2	4
300	41.57 %	57.09 %	69.15 %
400	69.15 %	62.31 %	71.23 %
500	59.33 %	66.98 %	72.07 %

Atentamente,  
  
Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308

Dr. HORACIO ARISTAS  
CIP N° 25450

Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera  
DOCENTE E INVESTIGADOR  
CIP: 130267  
RENACYT: P0078275

Henry R. Ochoa León  
INGENIERO QUÍMICO  
CIP N° 124232



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FICHA 5: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL BIOCARBÓN

TÍTULO	Eficiencia del Biocarbón a Partir del Purín de Porcino por Pirólisis
LINEA DE INVESTIGACIÓN	Tratamiento y Gestión de Residuos
FACULTAD	Ingeniería Ambiental y Arquitectura
REALIZADOS POR	Alvarez Ticllasuca, Joaquin (Orcid: 0000-0001-9662-3891) Gonzales Paucar, Zaida (Orcid: 0000-0002-3291-9543)
ASESOR	Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio (Orcid: 0000-0002-3419-7361)

## CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL BIOCARBÓN

INDICADORES	Humedad	Materia Volátil	pH	Cenizas	Carbono total
UNIDAD DE MEDIDA	%	%	%	%	%
CÓDIGO	14.8	7.2	6.5	6	72

### OBSERVACIONES

Se tuvo dificultades con los laboratorios para el análisis por la cuarentena del covid-19

Atentamente,  
  
Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308

  
Dr. HORACIO RESTAS  
CIP N° 25450

  
Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera  
DOCENTE E INVESTIGADOR  
CIP: 130267  
RENACYT: P0078275

  
Henry R. Ochoa León  
INGENIERO QUÍMICO  
CIP N° 124232

## Anexo N° 5. Validación de instrumentos

**SOLICITUD:** Validación de instrumento  
de recojo de información

**Dr. ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO**

Nosotros, Alvarez Ticllasuca, Joaquin identificado con DNI 71458849 y Gonzales Paucar Zaida identificada con DNI 71849564 respectivamente; alumnos de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

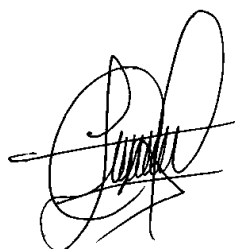
Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: **“Eficiencia del Biocarbón a Partir del Purín de Porcino por Pirólisis”**, solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondiente. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 25 de enero del 2021

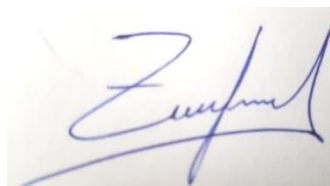


---

Alvarez Ticllasuca, Joaquin

D.N.I:71458849

ORCID: 0000-0001-9662-3891



---

Gonzales Paucar, Zaida

D.N.I:7145849564

ORCID: 0000-0002-3291-9543

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Especialista en Medio Ambiente- Especialista en Recursos Hídricos y Cambio Climático**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Formato de campo**
- 1.5. Autores de Instrumento: **Alvarez Ticllasuca, Joaquin y Gonzales Paucar, Zaida**

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 25 de enero del 2021

  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447308

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO**  
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Especialista en Medio Ambiente- Especialista en Recursos Hídricos y Cambio Climático**  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Datos de la toma de muestra**  
 1.5. Autores de Instrumento: **Alvarez Ticllasuca, Joaquín y Gonzales Paucar, Zaida**

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

Lima, 25 de enero del 2021

Asesorante,  
  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 06447308



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO**  
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**  
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Especialista en Medio Ambiente- Especialista en Recursos Hídricos y Cambio Climático**  
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Control del proceso en la obtención del biocarbón**  
 1.5 Autores de Instrumento: **Alvarez Ticllasuca, Joaquin y Gonzales Paucar, Zaida**

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 25 de enero del 2021

Asentamiento:  
  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 06647308

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO**  
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**  
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Especialista en Medio Ambiente- Especialista en Recursos Hídricos y Cambio Climático**  
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Obtención del biocarbón**  
 1.5 Autores de Instrumento: **Alvarez Ticllasuca, Joaquín y Gonzales Paucar, Zaida**

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

Lima, 25 de enero del 2021

  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447308



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO**  
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**  
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Especialista en Medio Ambiente- Especialista en Recursos Hídricos y Cambio Climático**  
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características físico-químicas del biocarbón**  
 1.5 Autores de Instrumento: **Alvarez Ticllasuca, Joaquín y Gonzales Paucar, Zaida**

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 25 de enero del 2021

  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 06447308

**SOLICITUD:** Validación de instrumento  
de recojo de información

**Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**

Nosotros, Alvarez Ticllasuca, Joaquin identificado con DNI 71458849 y Gonzales Paucar Zaida identificada con DNI 71849564 respectivamente; alumnos de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

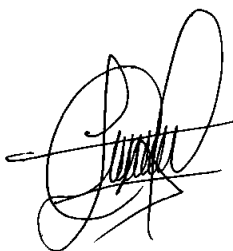
Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: **“Eficiencia del Biocarbón a Partir del Purín de Porcino por Pirólisis”**, solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondiente. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 13 de febrero del 2021

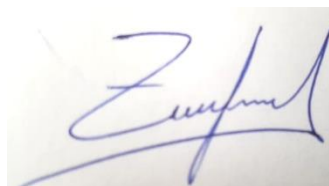


---

Alvarez Ticllasuca, Joaquin

D.N.I:71458849

ORCID: 0000-0001-9662-3891



---

Gonzales Paucar, Zaida

D.N.I:7145849564

ORCID: 0000-0002-3291-9543

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**  
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**  
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Dr. Ingeniero Ambiental Químico**  
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Formato de campo**  
 1.5 Autores de Instrumento: **Alvarez Ticllasuca, Joaquin y Gonzales Paucar, Zaida**

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									X				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales									X				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.									X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X				
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									X				

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80%
-----

Lima, 13 de febrero del 2021

  
 Dr. HORACIO ACOSTA  
 CIP N° 25450

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**  
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**  
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Dr. Ingeniero Ambiental Químico**  
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Datos de la toma de muestra**  
 1.5 Autores de Instrumento: **Alvarez Ticllasuca, Joaquín y Gonzales Paucar, Zaida**

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									X				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales									X				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.									X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X				
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									X				

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80%
-----

Lima, 13 de febrero del 2021

  
 Dr. HORACIO ACOSTA  
 CIP N° 25450

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**
- 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Dr. Ingeniero Ambiental Químico**
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Control del proceso en la obtención del biocarbón**
- 1.5 Autores de Instrumento: **Alvarez Ticllasuca, Joaquin y Gonzales Paucar, Zaida**

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									X				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales									X				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.									X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X				
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									X				

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80%

Lima, 13 de febrero del 2021

  
 Dr. HORACIO ACOSTA S.  
 CIP N° 25450

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**  
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**  
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Dr. Ingeniero Ambiental Químico**  
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Obtención del biocarbón**  
 1.5 Autores de Instrumento: **Alvarez Ticllasuca, Joaquín y Gonzales Paucar, Zaida**

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									X				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales									X				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.									X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X				
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									X				

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80%
-----

Lima, 13 de febrero del 2021

  
 Dr. HORACIO ACOSTA  
 CIP N° 25450



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**  
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**  
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Dr. Ingeniero Ambiental Químico**  
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características físico-químicas del biocarbón**  
 1.5 Autores de Instrumento: **Alvarez Ticllasuca, Joaquin y Gonzales Paucar, Zaida**

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									X				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales									X				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.									X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X				
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									X				

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

80%
-----

Lima, 13 de febrero del 2021

  
 Dr. HORACIO ACOSTA  
 CIP N° 25450

**SOLICITUD:** Validación de instrumento  
de recojo de información

**Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**

Nosotros, Alvarez Ticllasuca, Joaquin identificado con DNI 71458849 y Gonzales Paucar Zaida identificada con DNI 71849564 respectivamente; alumnos de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

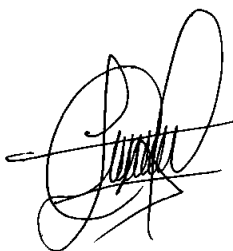
Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: **“Eficiencia del Biocarbón a Partir del Purín de Porcino por Pirólisis”**, solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondiente. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 21 de febrero del 2021

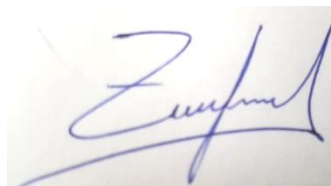


---

Alvarez Ticllasuca, Joaquin

D.N.I:71458849

ORCID: 0000-0001-9662-3891



---

Gonzales Paucar, Zaida

D.N.I:7145849564

ORCID: 0000-0002-3291-9543



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Formato de campo**
- 1.5. Autores de Instrumento: **Alvarez Ticllasuca, Joaquin y Gonzales Paucar, Zaida**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%
-----

Lima, 21 de febrero del 2021

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0071275

## **VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

### **I. DATOS GENERALES**

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**  
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**  
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**  
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Datos de la toma de muestra**  
 1.5 Autores de instrumento: **Alvarez Ticllasuca, Joaquín y Gonzales Paucar, Zaida**

### **II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### **III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

### **IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

85%

Lima, 21 de febrero del 2021

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P00716275

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**  
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**  
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**  
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Control del proceso en la obtención del biocarbón**  
 1.5 Autores de Instrumento: **Alvarez Ticllasuca, Joaquin y Gonzales Paucar, Zaida**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN														
CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Lima, 21 de febrero del 2021

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
- 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Obtención del biocarbón**
- 1.5 Autores de Instrumento: **Alvarez Ticllasuca, Joaquin y Gonzales Paucar, Zaida**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Lima, 21 de febrero del 2021

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**  
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**  
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**  
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características físico-químicas del biocarbón**  
 1.5 Autores de Instrumento: **Alvarez Ticllasuca, Joaquin y Gonzales Paucar, Zaida**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Lima, 21 de febrero del 2021

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

**SOLICITUD:** Validación de instrumento  
de recojo de información

**MG. OCHOA LEON HENRRY RAÚL**

Nosotros, Alvarez Ticllasuca, Joaquin identificado con DNI 71458849 y Gonzales Paucar Zaida identificada con DNI 71849564 respectivamente; alumnos de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

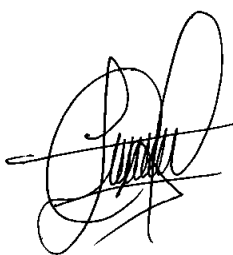
Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: **“Eficiencia del Biocarbón a Partir del Purín de Porcino por Pirólisis”**, solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondiente. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Huancayo, 25 de enero del 2021

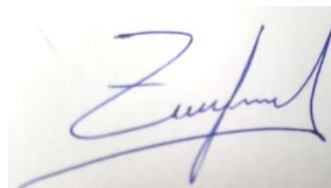


---

Alvarez Ticllasuca, Joaquin

D.N.I:71458849

ORCID: 0000-0001-9662-3891



---

Gonzales Paucar, Zaida

D.N.I:7145849564

ORCID: 0000-0002-3291-9543

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Mg.OCHOA LEON HENRRY RAÚL**  
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador de la UNCP**  
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Ing. Químico y Mg.en Ingeniería Ambiental**  
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Formato de campo**  
 1.5 Autores de Instrumento: **Alvarez Ticllasuca,Joaquin y Gonzales Paucar, Zaida**

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Huancayo, 25 de enero del 2021

  
 Henry R. Ochoa Leda  
 INGENIERO QUÍMICO  
 CIP N° 124232



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Mg.OCHOA LEON HENRRY RAÚL**
- 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador de la UNCP**
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Ing. Químico y Mg.en Ingeniería Ambiental**
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Datos de la toma de muestra**
- 1.5 Autores de Instrumento: **Alvarez Ticllasuca, Joaquin y Gonzales Paucar, Zaida**

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Huancayo, 25 de enero del 2021

  
**Henry R. Ochoa León**  
 INGENIERO QUÍMICO  
 CIP N° 124232



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Mg.OCHOA LEON HENRRY RAÚL**  
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador de la UNCP**  
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Ing. Químico y Mg.en Ingeniería Ambiental**  
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Control del proceso en la obtención del biocarbón**  
 1.5 Autores de Instrumento: **Alvarez Ticllasuca, Joaquin y Gonzales Paucar, Zaida**

#### I. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

#### III. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Huancayo, 25 de enero del 2021

  
**Henry R. Ochoa Leda**  
 INGENIERO QUÍMICO  
 CIP N° 124232

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Mg.OCHOA LEON HENRRY RAÚL**
- 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador de la UNCP**
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Ing. Químico y Mg.en Ingeniería Ambiental**
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Obtención del biocarbón**
- 1.5 Autores de Instrumento: **Alvarez Ticllasuca, Joaquin y Gonzales Paucar, Zaida**

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

Huancayo, 25 de enero del 2021

  
**Henry R. Ochoa León**  
 INGENIERO QUÍMICO  
 CIP N° 124232

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Mg.OCHOA LEON HENRRY RAÚL**  
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador de la UNCP**  
 1.3 Especialidad o línea de investigación: **Ing. Químico y Mg.en Ingeniería Ambiental**  
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características físico-químicas del biocarbón**  
 1.5 Autores de Instrumento: **Alvarez Ticllasuca, Joaquín y Gonzales Paucar, Zaida**

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%
-----

Huancayo, 25 de enero del 2021

  
**Henry R. Ochoa León**  
 INGENIERO QUÍMICO  
 CIP N° 124232

## Anexo N° 6. Certificado de análisis

### Características del purín de porcino



## LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES

### TÚ MEJOR OPCIÓN EN SOLUCIONES AMBIENTALES

#### INFORME DE ENSAYO N° 1-017-001/21

**Solicitante** : ZAIDA GONZALES PAUCAR.  
**Domicilio legal** : Jr. San Martín N° 610 - Chilca.  
**Muestra(s) declarada(s)** : Purín de cerdo  
**Procedencia de la muestra** : Muestra proporcionada por el solicitante.  
El Tambo - Huancayo - Junín.  
**Cantidad de muestras para el Ensayo** : 01 muestra x 200 mg.  
**Forma de Presentación** : Bolsa de plástico cerrado.  
**Fecha de recepción** : 08/01/2021.  
**Fecha de inicio del ensayo** : 09/01/2021.  
**Fecha de término del ensayo** : 15/01/2021.  
**Fecha de emisión de informe** : 20/01/2021.

#### ANÁLISIS DE FERTILIDAD:

ENSAYOS	UNIDAD	RESULTADOS
M.O.	%	82.54
Conductividad Eléctrica	dS/m	6.62
Fosforo ( $P_2O_5$ )	%	6.12
Potasio ( $K_2O$ )	%	1.67
Calcio ( $CaO$ )	%	4.05
Nitrógeno (N)	%	2.33
Magnesio ( $MgO$ )	%	1.99
Sodio (Na)	%	0.28
pH	-	6.57

- Muestra Tomada por el cliente.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el cliente.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente.
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia.

#### MÉTODOS

M.O.: Calcinación (método interno del laboratorio).  
Conductividad Eléctrica: NTC 5167 Conductímetro.  
Fosforo: NTC 234 Colorimétrico.  
Potasio: Olsen (método interno del laboratorio).  
Calcio: Calcímetro (método interno del laboratorio).  
Aluminio: NTC 234 Colorimétrico.  
Nitrógeno: NTC 5167 Kjeldahl  
pH: NTC 5167 Potenciométrico.

Huancayo, 20 de enero de 2021

INGENIERO QUÍMICA  
CIP N° 12423

#### OBSERVACIONES

- (\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.  
(\*) Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.  
\*Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita del LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES.  
\*Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Oficina Principal  
Jr. Santa Rosa N°1361 - El Tambo  
T. (064) 413156/ 947879674/971718825  
logistica@grupojhacc.com



## Análisis del porcentaje de carbono



### LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES TÚ MEJOR OPCIÓN EN SOLUCIONES AMBIENTALES

#### INFORME DE ENSAYO Nº 1-058-002/21

**Solicitante** : ZAIDA GONZALES PAUCAR.  
**Domicilio legal** : Jr. San Martín N° 610 - Chilca.  
**Muestra(s) declarada(s)** : Purín de cerdo  
**Procedencia de la muestra** : Muestra proporcionada por el solicitante.  
 El Tambo - Huancayo - Junín.  
**Cantidad de muestras para el Ensayo** : 27 muestra x 50 mg.  
**Forma de Presentación** : Bolsa de plástico cerrado.  
**Fecha de recepción** : 28/01/2021.  
**Fecha de inicio del ensayo** : 29/01/2021.  
**Fecha de término del ensayo** : 05/02/2021.  
**Fecha de emisión de informe** : 10/02/2021.

#### ANÁLISIS DE CARBONO:

ENSAYOS	UNIDAD	CODIGO	RESULTADO	CODIGO	RESULTADO	CODIGO	RESULTADO
Carbono	%	Z.01	41.57	Z.10	41.49	Z.19	41.33
		Z.02	56.11	Z.11	56.16	Z.20	56.35
		Z.03	59.33	Z.12	59.30	Z.21	59.47
		Z.04	57.09	Z.13	57.12	Z.22	57.21
		Z.05	62.31	Z.14	62.23	Z.23	62.21
		Z.06	66.98	Z.15	66.91	Z.24	67.06
		Z.07	69.15	Z.16	69.31	Z.25	69.26
		Z.08	71.23	Z.17	71.35	Z.26	71.19
		Z.09	72.07	Z.18	72.22	Z.27	72.17

- Muestra Tomada por el cliente.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el cliente.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente.
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia.

#### MÉTODOS

**Carbono:** Calcinación (método interno del laboratorio).

Huancayo, 10 de febrero de 2021

INGENIERO QUÍMICO  
 CIP N° 124

#### OBSERVACIONES

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

(\*) Validez del documento: Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

\*Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita del LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES.

\*Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Oficina Principal  
 Jr. Santa Rosa N°1361 - El Tambo  
 T. (054) 413156/ 947879674/971718825  
 logistica@gruposjhacc.com

## Caracterización inicial del suelo



### SERVICIO DE LABORATORIO DE SUELOS

Teléfonos: 24-6206 y 24-7011

GONZALES H GONZALES PAUCAR ZAIDA	
LUGAR	ANCALAYO EL TAMBO HUANCAYO JUNIN
PREDIO	
070 -2021	FEBRERO 2021
Nº Correlativo laboratorio	Fecha de análisis

RESULTADOS DE ANALISIS									
7,07	3,15	5,98	162,00	0,00	0,07	TEXTURA			
						44,4	23,6	32,0	Tipo de suelo
pH	M.O	P	K	Al	N	Arena	Arcilla	Limo	
	(%)	(ppm)	(ppm)	(me/100 gr)	(%)	(%)	(%)	(%)	Franco

INTERPRETACION DE ANALISIS						
pH			BAJO		MEDIO	ALTO
Fuertemente ácido	< 5.5		Nitrógeno (N)		X	
Moderadamente ácido	5.6 - 6.0		Fósforo (P)		X	
Ligeramente ácido	6.1 - 6.5		Potasio (K)			X
Neutro	7	X	Al (me/100 gr)			
Ligeramente alcalino	7.1 - 7.8		M.O.(%)		X	
Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4					
Fuertemente alcalino	> 8.5					

RECOMENDACIONES									
CULTIVO:		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
NUTRIENTES:		Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha
FÓRMULA :									
Siembra	Fosfato diamónico (Kg/ha)								
	Cloruro de potasio (Kg/ha)								
	Urea(Kg/ha)								
	Materia orgánica descompuesta (Kg/ha)								
	Abono foliar								
	Guano de isla (Kg/ha)								
Deshierbo									
Aporque									
Inicio de floración									
En desarrollo									
Acidos húmicos									
Observaciones y recomendaciones especiales									

Estación Experimental Agraria  
Santa Ana, Junín

Dr. Enrique Flores de Carrizosa  
Ingeniero Agrónomo

## Caracterización del suelo después del tratamiento



### SERVICIO DE LABORATORIO DE SUELOS

Teléfonos: 24-6206 y 24-7011

GONZALES R	GONZALES PAUCAR ZAIDA		
LUGAR	ANCALAYO EL TAMBO HUANCAYO JUNIN	PREDIO	

071 -2021	FEBRERO 2021
Nº Correlativo laboratorio	Fecha de análisis

RESULTADOS DE ANALISIS									
7,12	13,5	8,57	168,00	0,00	0,43	TEXTURA			
pH	M.O	P	K	Al	N	44,4	23,6	32,0	Tipo de suelo
	(%)	(ppm)	(ppm)	(me/100 gr)	(%)	Arena	Arcilla	Limo	Franco

INTERPRETACION DE ANALISIS						
pH			BAJO		MEDIO	ALTO
Fuertemente ácido	< 5.5		Nitrógeno (N)		X	
Moderadamente ácido	5.6 - 6.0		Fósforo (P)		X	
Ligeramente ácido	6.1 - 6.5		Potasio (K)		X	
Neutro	7		Al (me/100 gr)			
Ligeramente alcalino	7.1 - 7.8	X	M.O.(%)		X	
Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4					
Fuertemente alcalino	> 8.5					

RECOMENDACIONES									
CULTIVO:		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
NUTRIENTES:		Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha
FÓRMULA :									
Siembra	Fosfato diamónico (Kg/ha)								
	Cloruro de potasio (Kg/ha)								
	Urea(Kg/ha)								
	Materia orgánica descompuesta (Kg/ha)								
	Abono foliar								
	Guano de isla (Kg/ha)								
Deshierbo									
Aporque									
Inicio de floración									
En desarrollo									
Acidos húmicos									
Observaciones y recomendaciones especiales									

Estación Experimental Agraria  
Santa Ana - Junín

Ing. Santa Flores de Garmy  
Ing. Santa Flores de Garmy



# Caracterización de suelo con el tratamiento del mejor porcentaje de carbono



## SERVICIO DE LABORATORIO DE SUELOS Teléfonos: 24-6206 y 24-7011

GONZALES P GONZALES PAUCAR ZAIDA	
LUGAR	ANCALAYO EL TAMBO HUANCAYO JUNIN
PREDIO	

072 -2021	FEBRERO 2021
Nº Correlativo laboratorio	Fecha de análisis

RESULTADOS DE ANALISIS									
7.27	18.4	16.44	176.00	0.00	0.70	TEXTURA			
pH	M.O	P	K	Al	N	44.4	23.6	32.0	Tipo de suelo
	(%)	(ppm)	(ppm)	(me/100 gr)	(%)	Arena	Arcilla	Limo	Franco

INTERPRETACION DE ANALISIS						
pH		BAJO		MEDIO		ALTO
Fuertemente ácido	< 5.5	Nitrógeno (N)				X
Moderadamente ácido	5.6 - 6.0	Fósforo (P)				X
Ligeramente ácido	6.1 - 6.5	Potasio (K)				X
Neutro	7	Al (me/100 gr)				X
Ligeramente alcalino	7.1 - 7.8	M.O. (%)				X
Moderadamente alcalino	7.9 - 8.4					
Fuertemente alcalino	> 8.5					

RECOMENDACIONES									
CULTIVO:									
NUTRIENTES:									
FÓRMULA :									
Siembra	Fosfato diamónico (Kg/ha)	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	Cloruro de potasio (Kg/ha)	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha
	Urea (Kg/ha)								
	Materia orgánica descompuesta (Kg/ha)								
	Abono foliar								
	Guano de ista (Kg/ha)								
Deshierbo									
Aporque									
Inicio de floración									
En desarrollo Acidos húmicos									
Observaciones y recomendaciones especiales									

Estación Experimental Agraria  
Santo André de Junín  
Instituto Nacional de Innovación Agraria  
Servicio de Laboratorio de Suelos